

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій
Кафедра електричної інженерії

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) О. КОЛЛАРОВ
(ініціали, прізвище)
« ____ » _____ 2022 р.

**Кваліфікаційна робота
бакалавра**

на тему Дослідження умов роботи системи опалення мікрорайону

Виконав студент 3 курсу, групи ТЕПзп-19
(шифр групи)

спеціальності 144 «Теплоенергетика»
підготовки

(шифр і назва спеціальності підготовки)

Денис БАРБАШ

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Керівник проф. каф., д. т. н., доц., С. ТИМОШЕНКО
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ініціали, прізвище)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ініціали, прізвище)

(підпис)

Нормоконтроль:

О. ЛЮБИМЕНКО

(підпис)

Засвідчую, що у цій випускній кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

(дата)

(дата)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій

Кафедра електричної інженерії

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ (О.

КОЛЛАРОВ)

« » _____ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Денис БАРБАШ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи: _____
Дослідження умов роботи системи опалення мікрорайону

керівник роботи Сергій ТІМОШЕНКО, докт. техн. наук, доцент
(ім'я та прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ № _____

2. Строк подання студентом роботи 02 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: Котельня «№1» 5,85 МВт, Котельня «№2»
1,85 МВт. Котел КВ-ГМ 30-116, котел ДКВр 20-13. Загальна
встановлена теплова потужність котельнь міського округу становить
56 Гкал/год.

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

1. Дослідження умов роботи централізованих систем опалення в літературі
2. Проведення аналізу працездатності системи опалення мікрорайону
3. Дослідження умов роботи системи опалення
4. Розробка заходів з охорони праці

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ініціали, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділи 1 – 3	С. ТІМОШЕНКО, зав. каф.		
Розділ 4	О. КОЛЛАРОВ, зав. каф.		
Нормоконтроль	О. ЛЮБИМЕНКО, доц. каф.		

7. Дата видачі завдання 05 травня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1	05.05.22 – 12.05.22	
2.	Розділ 2	13.05.22 – 23.05.22	
3.	Розділ 3	24.05.22 – 27.05.22	
4.	Розділ 4	28.05.22 – 06.06.22	
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			

Студент _____
(підпис)

Денис БАРБАШ _____
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сергій ТІМОШЕНКО _____
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Барбаш Денис Дмитрович. Дослідження умов роботи системи опалення мікрорайону / Research of working conditions of the district heating system. / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика». – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2022.

Дипломна робота складається зі вступу, основної частини, яка включає три розділи, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У першому розділі проведено дослідження умов роботи централізованих систем опалення в літературі.

У другому розділі проведено аналіз працездатності системи опалення мікрорайону. Наведено описання схеми підключення мікрорайону. Проведено дослідження зміни температури в тепловій мережі та визначення втрат води для опалення.

У третьому розділі наведено умови роботи системи опалення. Проведено визначення необхідної кількості тепла при роботі котельні та визначення необхідної кількості палива при роботі котельні.

У четвертому описано розробку заходів з охорони праці

Ключові слова:

*ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, КОТЕЛЬНЯ, КОТЕЛ, ВИТРАТИ ТЕПЛА,
ТЕПЛОВІ ВТРАТИ, ОПАЛЕННЯ*

SUMMARY

Barbash Denis Dmitrovich. Research of working conditions of the district heating system.. / Final qualification work for obtaining an educational degree "Bachelor" in the specialty (144) "Heat power engineering". - DVNZ DonNTU, Pokrovsk, 2022.

Thesis consists of an introduction, the main part, which includes three sections, conclusions, a list of sources and appendices.

The second section analyzes the efficiency of the district heating system. The description of the scheme of connection of the residential district is given. A study of temperature changes in the heating network and determination of water losses for heating.

The third section presents the operating conditions of the heating system. The required amount of heat during the operation of the boiler room and the determination of the required amount of fuel during the operation of the boiler room were determined.

The fourth describes the development of labor protection measures.

Keywords:

THERMAL ENERGY, BOILER ROOM, BOILER, HEAT CONSUMPTIONS, HEAT LOSSES, HEATING

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОБОТИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ В ЛІТЕРАТУРІ	9
1.1. Висновки по розділу 1	24
2. ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ МІКРОРАЙОНУ	26
2.1. Описання схеми підключення мікрорайону	26
2.2. Дослідження зміни температури в тепловій мережі	30
2.3. Визначення втрат води для опалення	38
2.4. Висновки по розділу 2	43
3. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОБОТИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	45
3.1. Визначення необхідної кількості тепла при роботі котельні	45
3.2. Визначення необхідної кількості палива при роботі котельні	49
3.3 Висновки по розділу 3	54
ВИСНОВОК.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТОК А. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
ДОДАТОК Б. ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРОЛЕРА ДО РОБОТИ	64

ВСТУП

Власники приватних будинків можуть підвищити енергоефективність опалення, додавши додаткову систему опалення поряд з основним режимом. У той час як дослідження щодо застосування основного режиму опалення є широкими, дослідження, зосереджені виключно на детермінантах застосування системи додаткового опалення, обмежені. Для радіаційного опалення увага приділяється тому факту, що температури падаючої води визначаються відповідно до місцевих умов, і незрозуміло, як поверхнева випромінювальна здатність системи впливає на тепловий комфорт у приміщенні. При визначенні площі радіатора регулювання температури подачі води має великий вплив на тепловий комфорт. Зміна базової температури води на 5 °C може знизити тепловий комфорт на 20%. Тому доцільніше спочатку визначити температуру подачі води, а потім проектувати інші параметри, які можуть підвищити тепловий комфорт і зменшити зайве споживання енергії. Коефіцієнт випромінювання поверхні радіатора змінює тепловий комфорт, головним чином, впливаючи на швидкість реакції. Чим вище коефіцієнт випромінювання, тим кращий тепловий комфорт. Однак, якщо враховувати лише прийнятну зону теплового комфорту, зміна коефіцієнта випромінювання мало вплине на тепловий комфорт.

Ми використовуємо дискретне моделювання вибору, щоб дослідити вибір додаткової системи опалення власниками будинків та інтерпретувати результати у порівнянні з поширеною інноваційною літературою.

Загалом, результати показують, що власники будинків, як правило, сприйнятливі до додаткового опалення в Україні.

Аналіз показує, що на рішення щодо прийняття додаткової системи опалення впливають декілька факторів, таких як вік, освіта, режим первинного опалення, характеристики системи опалення, місце розташування, ставлення до навколишнього середовища та інформаційні канали.

Мета роботи – дослідити умови роботи системи опалення мікрорайону селища Шевченко.

Об'єкт дослідження – система опалення.

Предмет дослідження – температура води в тепловій мережі та витрати води.

Тема актуальна на даний момент бо в Україні спостерігається дефіцит природних ресурсів, а зокрема газу для роботи котельні.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОБОТИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ В ЛІТЕРАТУРІ

Більше 60% енергії споживається в європейських домогосподарствах на опалення приміщень [1]. У поєднанні з нині низькими темпами ремонту реалізація 2000 Вт суспільства буде складною. Швидке та дистанційне виявлення оптимальних цілей модернізації може допомогти вирішити цю проблему. У цьому внеску представлена нова процедура для характеристики будівлі та її систем опалення на основі даних моніторингу інтелектуальної мережі. Параметри спрощеної фізичної імітаційної моделі для будівлі та системи опалення налаштовуються, щоб відповідати змодельованій та фактичній споживаній потужності теплового насоса. Метод перевірений на трьох еталонних будівлях з майже ідеальним відтворенням споживання тепла протягом одного року та хорошим відновленням відповідних параметрів будівлі/системи опалення (рис 1).

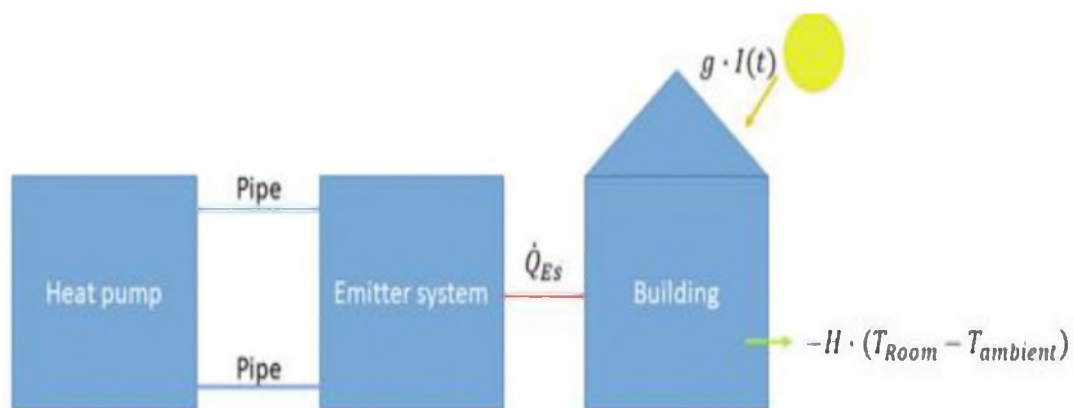


Рисунок 1.1. - Імітаційна модель системи опалення житлового приміщення, що складається з теплового насоса, емітерної системи та будівлі.

Застосування на п'яти реальних будівлях показує можливість

відтворення річного споживання тепла з максимальним відхиленням 5% у чотирьох із п'яти випадків. Ці переконливі результати дозволяють також застосовувати розроблену процедуру як інструмент прогнозування навантаження.

Оптимізація роботи є критичною проблемою в управлінні великомасштабною міською централізованою системою опалення (UCHS). Головною проблемою є вирішення складної топологічної структури її теплової мережі як показано на рис. 1.2 [2].

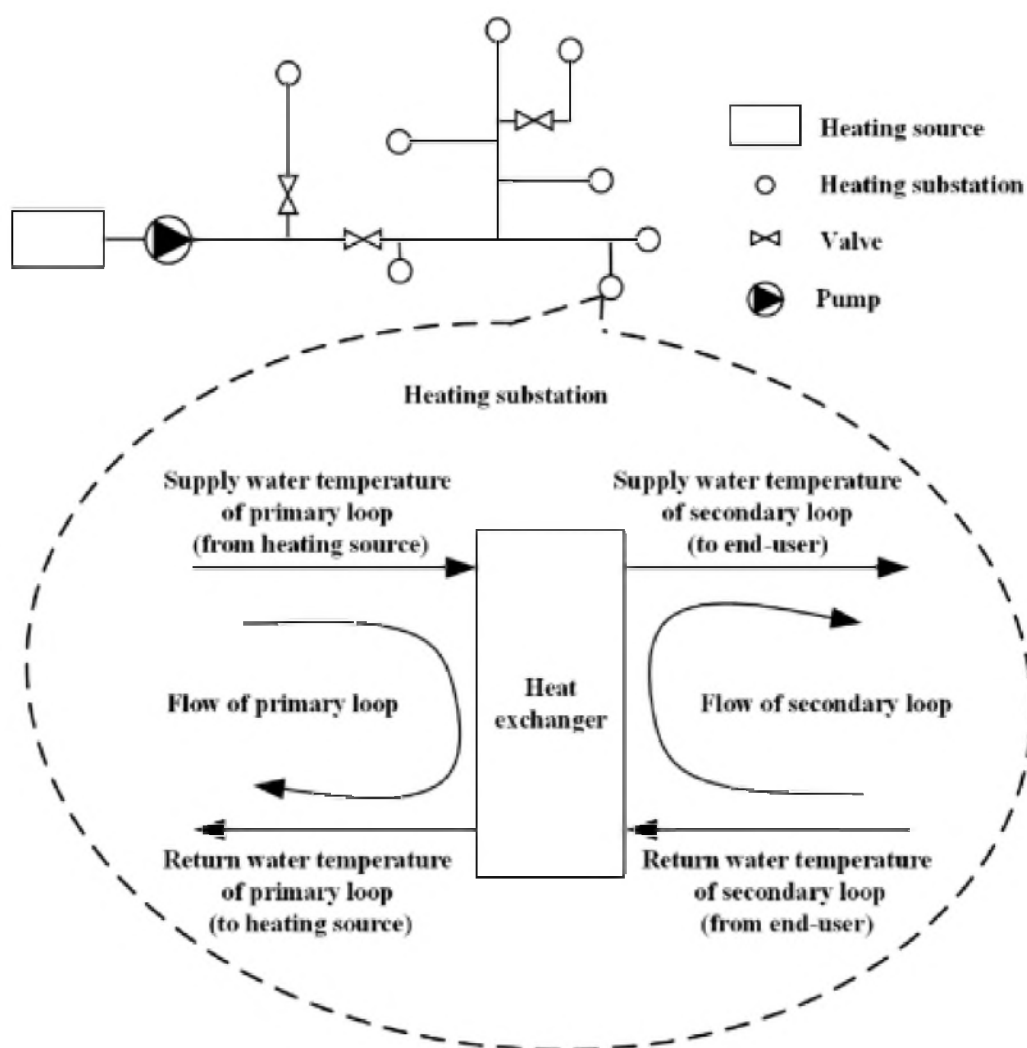


Рисунок. 1.2 - Ескіз складної топологічної структури її теплової мережі

Наразі більшість північних міст Китаю збудували міські централізовані системи опалення (UCHS). Згідно з дослідженням Лю, попит міських жителів

на опалення води продовжує зростати, і все більше будівель впроваджуються централізована система опалення для цілодобового подачі гарячої води північний Китай. Ці системи використовують воду як робочу середовище для передачі тепла від джерел опалення до опалення підстанції (яка надалі забезпечує гарячою водою кінцевих споживачів, наприклад як житлові громади) Для перевірки точності розробленої моделі UCHS виміряні та розраховані дані тиску подачі та зворотного водопостачання теплопідстанції (оснащені відповідними датчиками) були проаналізовані. Результати порівняння даних наведено на рис.1.3 та рис. 1.4

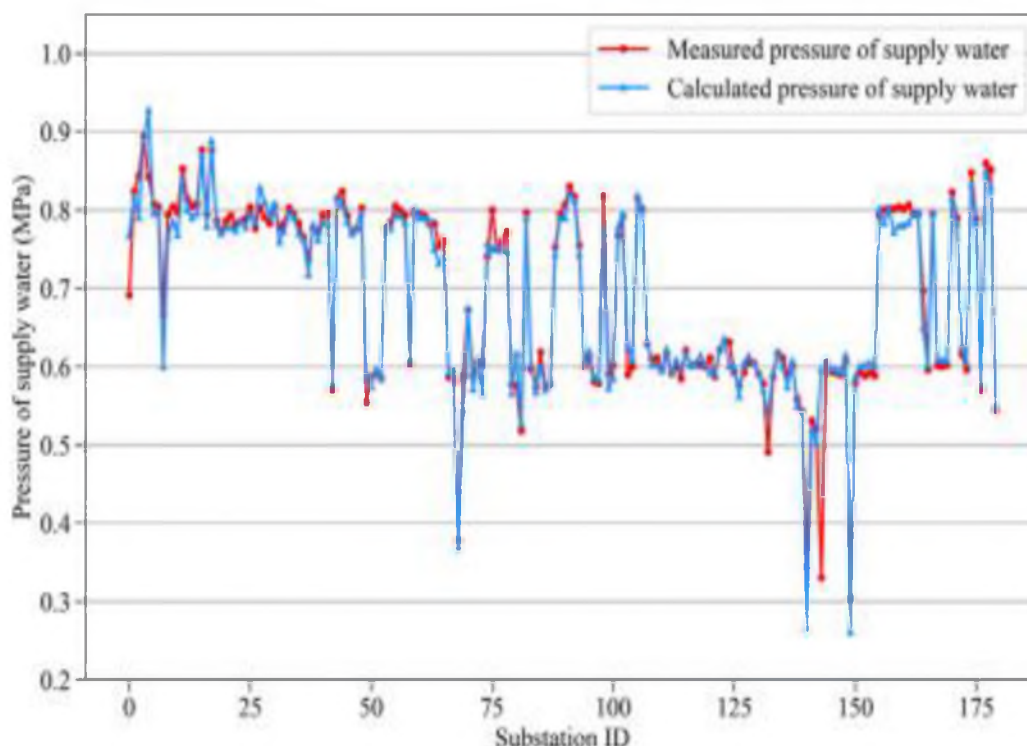


Рисунок 1.3 - Порівняння вимірюваних і розрахункових даних тиску водопостачання.

Систему опалення можна розділити на первинний контур і вторинна петля. Основний контур з'єднує розподілений джерел опалення та теплових підстанцій. Петлі з'єднуються через пластинчасті теплообмінники, розташовані в теплових підстанціях, де вода вторинного контуру

нагривається первинним контуром.

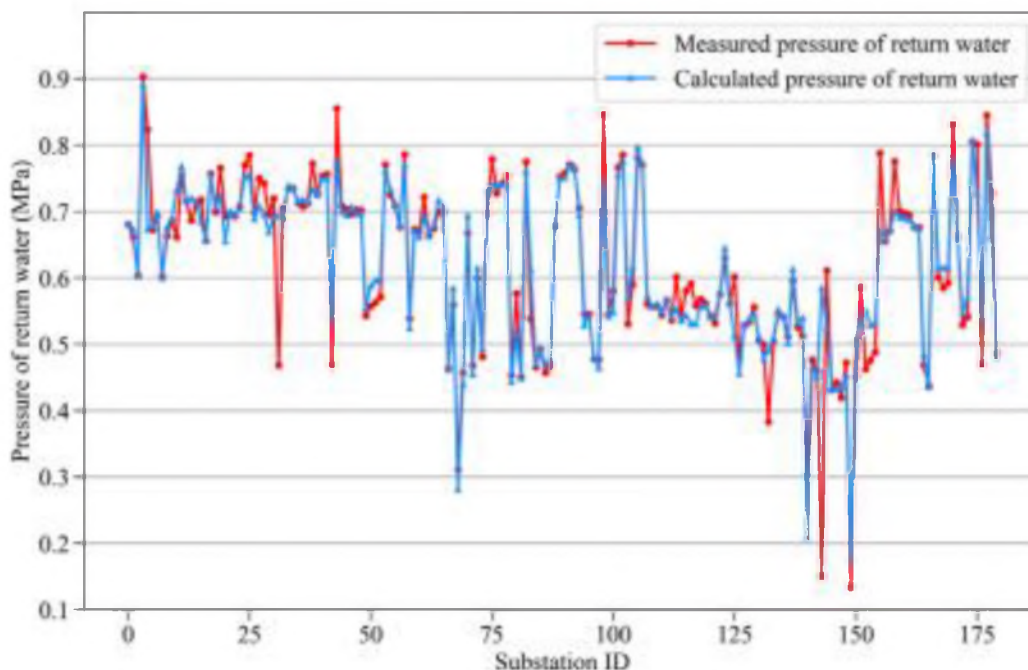


Рисунок 1.4 - Порівняння вимірних і розрахункових даних зворотного тиску води

У вторинному контурі тепlopідстанції подають тепло до кінцевих споживачів через пластинчасті теплообмінники та відповідні вторинні петлі.

Далі, гістограма розподілу помилок підстанцій показано на рис. 1.5.

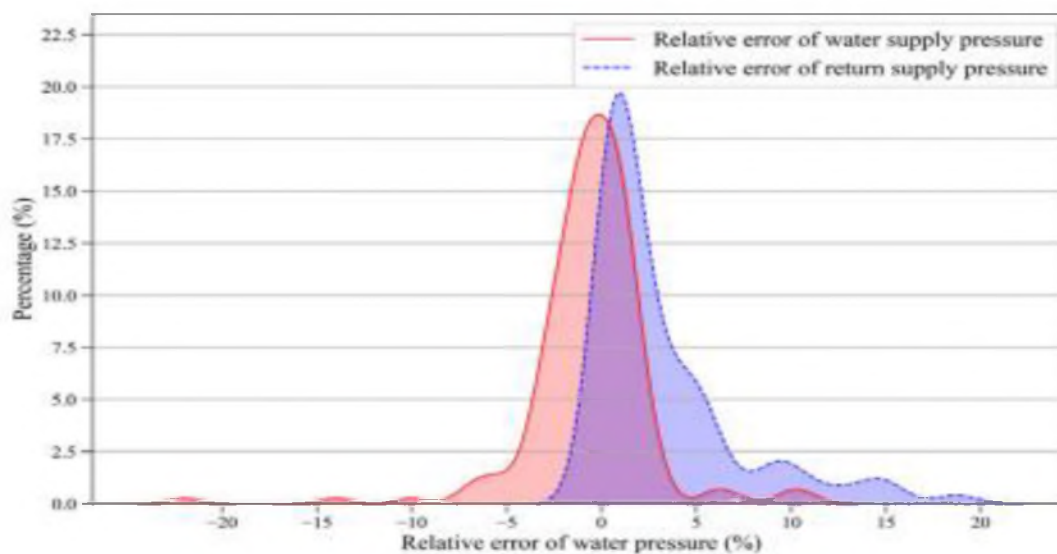


Рисунок 1.5 - Статистичні результати порівняння виміряного та розрахункового значення подачі та зворотного тиску

На рис. 1.5 більше 95% підстанцій мають відносну похибку тиску подачі/обратки води менше 10% і більше 87% підстанцій мають відносну похибку подачі/подачі води тиск менше 5%. Порівняння показує, що імітаційна модель системи UCHS має достатню точність для підтримки та подальшого розрахуноків схеми розщеплення мережі.

Ми використали операційну платформу, щоб створити найкращу мережу схеми розбиття цільової UCHS з точки зору вартості експлуатації і скорочення терміну роботи котла в реальних ЦБК і застосувати розраховану схему до цільової UCHS в польових умовах протягом опалювального сезону 2018–2019 рр. Робоче середовище і первинна, і вторинна петля - це вода. Під час операції, UCHS контролює температуру подачі води у вторинній системі петлі шляхом регулювання регулюючого клапана в первинному водяному контурі.

Через труднощі підтримання термічного та гідравлічного балансу у вторинному контурі, фіксована подача води бажана температура у вторинному контурі. Однак під час опалювального сезону, погодні умови можуть змінюватися. Зазвичай в початок і кінець періоду зовнішня температура може бути майже та ж саме, тоді як він може бути набагато нижче в середині періоду, у найхолодніші місяці (рис.1.6).

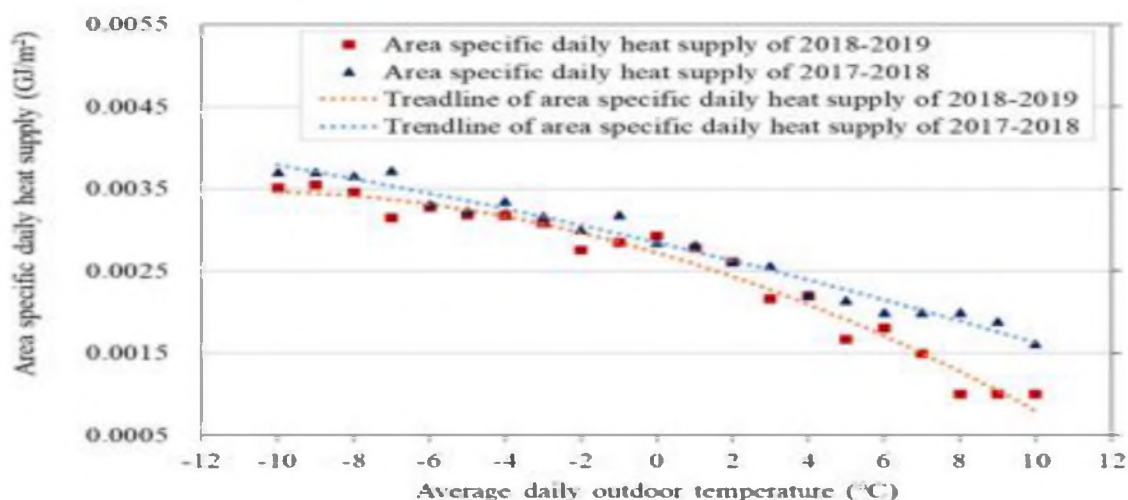


Рисунок 1.6 - Питома площа добового теплопостачання з зовнішньою температурою.

Звичайний підхід до управління операцією полягає в розбивці експлуатаційні проблеми на серію попередньо встановлених сценаріїв. Опалення система керується таким чином, що джерела опалення мають фіксований набір температур подачі та витрати води на основі цих сценаріїв. Система опалення лише налаштована заснований на підході «контроль температури», щоб уникнути гідравлічного дисбалансу. Теплові станції розподіляються в критій зоні опалення та контролюються місцеві приводи зворотного зв'язку, такі як насоси та клапани. Цей метод є міцним і простим за своєю природою. Однак такий підхід не бере ефект зв'язку між тепловими і гідравлічний баланс до уваги. Він не враховує координація роботи всіх компонентів системи опалення, наприклад джерела опалення та вимоги кінцевого споживача. Під час опалювального сезону UCHS має тенденцію викликати перегрів.

Після того, як система зазнає впливу екстремальних погодних умов умови (наприклад, снігові бурі) і робочий стан падає із попередньо встановлених сценаріїв цей підхід може не налаштувати новий тепло-гідравлічний баланс системи опалення (рис.1.7).

Іншим недоліком такого підходу є відсутність операційної гнучкості або можливості оптимізації, оскільки сценарії є зазвичай встановлюють задовго до опалювального сезону. Така операція підхід впроваджено з 1970-х років, хоча UCHS стає дедалі складнішим. Звичайний підхід до оперативного диспетчеризації ставить перед собою ряд проблем з 1990-х років. Наприклад, Hu et al. виявлено, що такий підхід не призначений для співпраці з когенераційними установками як одиниці комбінованого виробництва тепла та електроенергії (ТЕЦ), що призводить до надмірного високе споживання первинної енергії (Hu et al., 2010). Лю дізнався, що це джерело опалення знаходиться в режимі низького навантаження більшу частину опалювального сезону (коефіцієнт роботи при частковому завантаженні менше ніж 50% або навіть нижче), що призводить до низької

ефективності опалення (Liu, 2016).

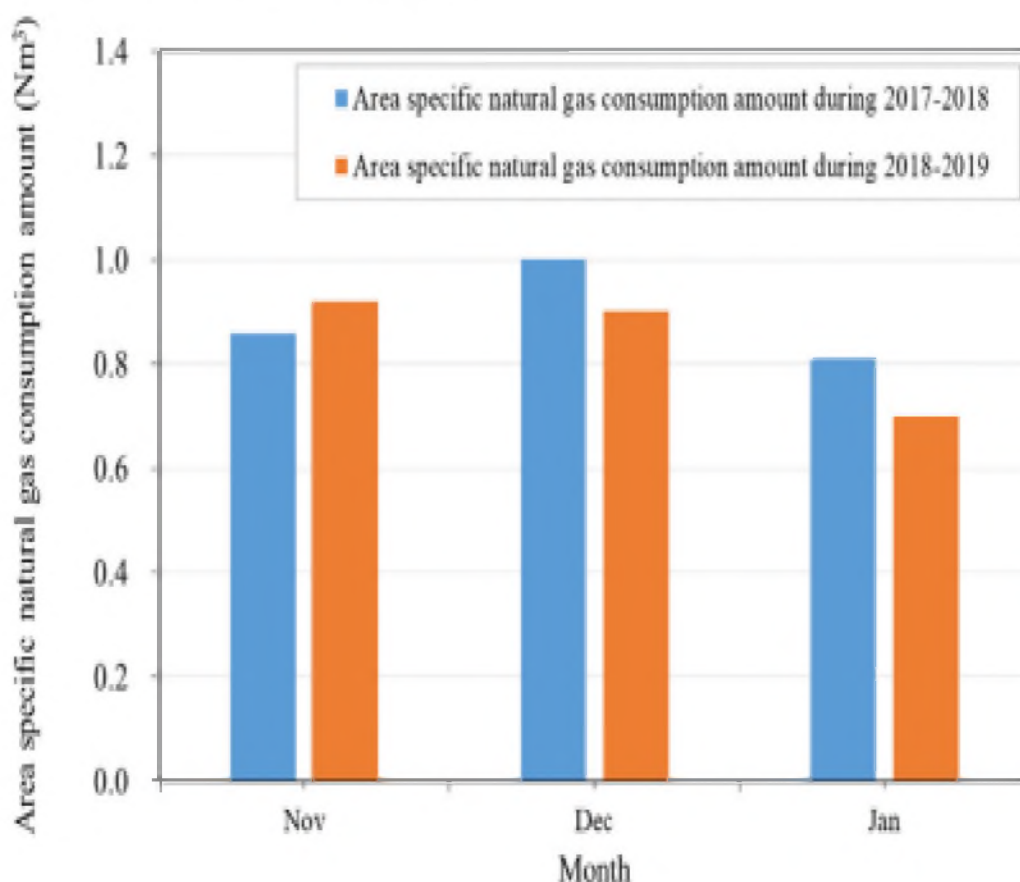


Рисунок 1.7 - Порівняння споживання природного газу протягом двох опалювальних сезонів.

Однак протягом останнього часу UCHS продовжує розширюватися в за площею опалення. Наразі тенденція полягає в тому, щоб мати вугільний котел. Між тим, більш різноманітні джерела опалення такі як промислові відходи тепло утилізації, котли на природному газі, біомаса котли, а сонячна енергія підключена до ЦБС. Збільшення опалювальна площа та різноманітність джерел опалення разом становлять новий операційний виклик, який не міг вирішити традиційний підхід. Тому аналіз і оптимізація схеми роботи УЧС на сьогоднішній день стали критичними проблемою.

У існуючих дослідженнях деякі дослідники акцентують увагу на різному такі аспекти, як управління потребою опалення (DSM), джерело оптимізація диспетчеризації бічного навантаження та транспортування

енергетичної системи аналіз, щоб покращити здатність роботи.

Метою цих зусиль є пошук оптимальної операції технологія для забезпечення економічної, стійкої та надійної роботи системи опалення за умови експлуатації. У дослідженні опалення DSM дослідники зосереджуються на ефективності опалення та потребі користувачів. Наприклад, Cai et al. запропонував реалістичний механізм DSM для підвищення ефективності системи і керувати проблемами перевантаження з точки зору моделювання будівлі (Cai та ін., 2018). Приклад застосування опалення DSM технології також можна знайти в районі «4-го покоління».

Системи опалення розроблені в скандинавських країнах, де оператори виконували схеми диспетчеризації «розумним» способом (Pakere et al., 2018; Гао та ін., 2017). Що стосується оптимізації диспетчеризації навантаження в джерела опалення та зберігання, запропоновано змінити поточний режим роботи, коли електростанції керують ТЕЦ та теплові компанії управляють .

Новий режим дозволяє електростанціям здійснювати пік-голення і управляють первинними мережами, а теплові підприємства займаються вторинні мережі та забезпечують опалення кінцевих споживачів. Кефінгер та ін. запропонував поєднати використання запам'ятовуючого пристрою і джерело опалення в послідовному підході, який ефективно використовує

Термоаккумулятор як короткочасний буфер, який використовується як влітку і зимку (Köfner et al., 2018). Тим часом UCHS є тісно пов'язаний із споживанням енергії будівлі. Тому дослідники в галузі будівництва енергетичних систем також перевіряли роботу UCHS з точки зору транспортної можливості, де вона досліджується із загальної точки зору енергетичних систем.

Запропоновано метод визначення оптимальної надійності пов'язаних параметрів компонентів системи опалення для підвищення надійності опалення.

З точки зору управління мережею, робота UCHS полягає в пошуку

«ідеального шляху» для джерела опалення для подачі гарячої води до підстанцій і подальшого кінцевого споживача з обмеженнями.

Типовою операцією керування мережею UCHS є мережа розщеплення, де теплову мережу розбивають і поділяють на регіонах через розбирання/роз'єднання клапанів і насосів.

За допомогою розділення мережі можна досягти наступних ефектів:
Він може змінити розподіл тиску води в цілій мережі та допомагає досягти гідравлічного перебалансування;
Схему роботи можна змінювати та відповідати (Схема дозволяє заощадити енергоспоживання всього опалення системи);
Несправні компоненти в тепловій мережі можуть бути заблоковані шляхом розділення мережі для підвищення надійності цілої мережі;
встановити регулюючі клапани у відповідних положеннях на головній опорній лінії або петлеві лінії та відрегулювати вихід тепла джерела для покращення схеми роботи
розділити мережу і ізолювати компоненти несправності, щоб мінімізувати вплив несправності компонента на роботу для підвищення надійності теплової мережі .

Слід зазначити, що розщеплення мережі великомасштабних UCHS мається на увазі, але рідко досліджується дослідниками з район систем централізованого теплопостачання, де вивчається експлуатація з моделювання таких систем.

Свендсен розробив метод оптимізації для проектування низькоенергетичної системи централізованого опалення в Данії для зменшення тепла втрати, що дуже корисно для визначення розмірів труб. Vigrants і Blumberga розробили централізоване теплопостачання моделі системи для пошуку оптимальних теплогідравлічних конструкцій.

Результати моделювання показують, що оптимальна схема розбиття мережі може покращити розподіл навантаження між джерелами опалення та

зменшити експлуатаційні витрати. Ми застосовуємо схему протягом опалювального сезону 2018–2019 рр. та порівнюємо результати з попереднім сезоном за існуючою схемою. Оптимізована схема зменшує вимоги до теплопостачання джерел опалення та покращує розподіл навантаження між джерелами опалення. З огляду на зміну погодних умов сезонне накопичена питомого добового теплопостачання зменшується на 3,9%. Загалом сезонне споживання природного газу зменшується на 16,8%. Оптимізована схема зменшує вимоги до теплопостачання джерел опалення та покращує розподіл навантаження між джерелами опалення. З огляду на зміну погодних умов сезонна накопичена питома добова теплопостачання зменшується на 3,9%. Загалом сезонне споживання природного газу зменшується на 16,8%. Оптимізована схема зменшує вимоги до теплопостачання джерел опалення та покращує розподіл навантаження між джерелами опалення. З огляду на зміну погодних умов сезонне накопичення питомого добового теплопостачання зменшується на 3,9%. Загалом сезонне споживання природного газу зменшується на 16,8%.

В роботі [3] для радіаційного опалення увага приділяється тому факту, що температури падаючої води визначаються відповідно до місцевих умов, і незрозуміло, як поверхнева випромінювальна здатність системи впливає на тепловий комфорт у приміщенні. Моделювання перехідних процесів перевірено експериментально, і результати показують, що при визначенні площі радіатора регулювання температури подачі води має великий вплив на тепловий комфорт. Зміна базової температури води на 5°C може знизити тепловий комфорт на 20%. Частка часу прийнятної зони теплового комфорту зменшується лише на 5%, коли коефіцієнт випромінювання змінюється від 0,95 до 0,5. Тому користувачі можуть більш гнучко вибирати матеріали поверхні радіатора відповідно до своїх потреб від 95 до 0,5.

Одним із потенційних рішень щодо підвищення ефективності опалення для домогосподарств є додавання додаткової системи опалення (SHS) як

доповнення до їх основної системи опалення. SHS у поєднанні з відповідною системою первинного опалення в гібридному рішенні може забезпечити значне підвищення ефективності опалення та заощадити гроші для домогосподарств [4, 5].

В роботі [6] досліджуються детермінанти рішення щодо прийняття додаткових систем опалення у Фінляндії. Так, у 2019 році >82% споживання енергії фінськими домогосподарствами було пов'язано з опаленням приміщень та водою, тоді як на охолодження припадає лише незначна частка споживання енергії [7].

У Фінляндії звичайним є наявність системи, здатної забезпечити додаткове опалення поряд з основним режимом у окремому будинку. Традиційний SHS - це звичайний камін або варильна піч. З іншого боку, збільшується кількість домогосподарств, які використовують інші технології додаткового опалення.

Під час планування дослідження було визначено чотири варіанти CBC, спеціально придбані для додаткового опалення приміщень. Це були повітряний тепловий насос (ASHP), сонячна панель (SP), сонячний тепловий обігрівач (STH) і камін з циркуляцією води (WCF).

Разом ці системи опалення утворюють категорію ефективної додаткової системи опалення (*ESHS*). Ці альтернативи забезпечують підвищення ефективності систем первинного опалення та традиційних камінів.

WCF пропонують підвищення ефективності в порівнянні зі звичайними камінами завдяки їх здатності накопичувати тепло, тобто тепло, яке виробляється, передається водяному котлу.

STH і SP забезпечують без викидів і безплатну сонячну енергію, коли вона доступна. ASHP забезпечують значне підвищення ефективності, особливо в поєднанні з електричним або масляним опаленням.

Деякі фактори можуть уповільнити поглинання *ESHS*. По-перше, вибір відповідного СВС є відносно складним завданням. Рішення про встановлення СВС приймаються в дуже різноманітних контекстах щодо звичок споживання енергії домогосподарством, місцевих умов, характеристик будинку та інтеграції первинної системи опалення. Неоднорідність уподобань домовласників щодо технічних характеристик, таких як комфорт використання ще більше ускладнює процеси усиновлення. Крім того, існує альтернативна вартість часу, витраченого на пошук інформації про системи опалення. Той факт, що SHS є необов'язковими, може зменшити бажання домовласників навіть розглянути такі інвестиції. Крім того, вибір, пов'язаний з енергетикою, може характеризуватися кількома поширеними відхиленнями від раціонального прийняття рішень, такими як інерція варіанту за замовчуванням, задоволеність вибором достатньо хорошого, хибність безповоротних витрат, тимчасові знижки та соціальні порівняння як рушій вибору. Усі вищезгадані питання підкреслюють необхідність полегшення та уточнення процесів запровадження SHS.

Вибір системи опалення для житлових будинків ретельно вивчався. Дослідження, які спільно досліджують вибір первинної та додаткової системи опалення (гібрид), включають для Греції, та для Фінляндії, для Німеччини та для Великобританії.

У той час як дослідження щодо застосування режиму первинного опалення є широкими та існують дослідження щодо гібридного опалення, дослідження, зосереджені виключно на детермінантах рішень щодо прийняття СВС, є дещо обмеженими. Прийняття ASHP не було широко досліджено з точки зору додаткової системи для опалення та відсутні дослідження щодо прийняття WCF загалом.

У цій роботі [8] досліджуються енергоспоживання та ефективність теплового середовища системи променевого стельового

опалення, що обслуговує різні типи приміщень в одній будівлі. У цьому дослідженні було обрано чотири типи приміщень з різними функціями, а саме ресторан, офіс, диспетчерський та конференц-зал. Вимірювали енергоспоживання та параметри теплового середовища в різних приміщеннях, включаючи інтенсивність споживання енергії на опалення, температуру повітря в приміщенні, температуру поверхні огорожувальної конструкції, стратифікацію температури повітря та вертикальний температурний градієнт. Результати показують, що інтенсивність споживання енергії опалення становить близько $19,63 \text{ Вт/м}^2$, що приблизно на 30% нижче індексу опалення, рекомендованого в регіональному стандарті. Показники опалення на одиницю площі ресторану, офісу, диспетчерської та конференц-залу становлять 33,41, 17,36, 18,91 та $20,32 \text{ Вт/м}^2$ відповідно. Одиничний об'єм споживання енергії на опалення кімнати управління польотом, яка є великою площею, значно нижча, ніж офісу, який є невеликим приміщенням. Крім того, існують також відмінності щодо внутрішнього теплового середовища різних типів приміщень. Такі фактори, як сонячна радіація, проникнення холодного повітря на вулиці, і рівень заповнюваності приміщень є основними факторами, які впливають на теплове середовище в приміщенні. Загалом рівень енергоспоживання систем променевого стельового опалення для великих приміщень нижчий, а теплове середовище в приміщенні краще. Тому промені стельові системи опалення більше підходять для великих приміщень.

У цьому дослідженні [9] споживана енергія та теплове середовище в приміщенні системи опалення та охолодження променевої стелі з трьома типами прозорих огорожувальних конструкцій, а саме, звичайного ізоляційного скла (OIG), тепловідбиваючого ізоляційного скла (HFIG) та потрійної срібної низькоемісійної ізоляції скла (TSIG), були досліджені та порівняні шляхом експерименту та моделювання. Отримано річне енергоспоживання та розподіл теплового середовища системи світлових

стель, оснащеної трьома типами прозорої оболонки, у п'яти різних кліматичних зонах. Результати показують, що показники енергозбереження вікон HFIG і TSIG становлять від $-9,78\%$ до $48,00\%$ і $8,82-63,65\%$ у п'яти кліматичних зонах порівняно з вікном OIG. Видно, що вікно TSIG має більший потенціал енергозбереження як в зоні домінування опалення, так і в зоні охолодження. Крім того, середньорічна температура повітря в приміщенні з вікном TSIG є більш стабільною, а значить і рівень теплового середовища кращий. Встановлено також, що реакція світлопроміної стельової системи на отримання сонячного тепла різна влітку та взимку. Він добре реагує на охолодження і може своєчасно позбутися впливу сонячного тепла за рахунок радіаційної теплопередачі. Тому рівень теплового середовища всередині приміщень з різними прозорими оболонками мало відрізняється протягом сезону охолодження. Однак, оскільки освітлювальні стельові системи реагують на опалення погано, теплове середовище в приміщенні сильно залежить від зовнішніх параметрів і змінюється залежно від прозорих оболонок. Отже, використання прозорих конвертів з високою продуктивністю є кращим у зонах з домінуючим опаленням. середньорічна температура повітря в приміщенні з вікном TSIG більш стабільна, а значить і рівень теплового середовища кращий. Встановлено також, що реакція світлопроміної стельової системи на отримання сонячного тепла різна влітку та взимку. Він добре реагує на охолодження і може своєчасно позбутися впливу сонячного тепла за рахунок радіаційної теплопередачі. Тому рівень теплового середовища всередині приміщень з різними прозорими оболонками мало відрізняється протягом сезону охолодження. Однак, оскільки освітлювальні стельові системи реагують на опалення погано, теплове середовище в приміщенні сильно залежить від зовнішніх параметрів і змінюється залежно від прозорих оболонок. Отже, використання прозорих конвертів з високою продуктивністю є кращим у зонах з домінуючим опаленням. середньорічна температура повітря в

приміщенні з вікном TSIG більш стабільна, а значить і рівень теплового середовища кращий. Встановлено також, що реакція світло промінної стельової системи на отримання сонячного тепла різна влітку та взимку. Він добре реагує на охолодження і може своєчасно позбутися впливу сонячного тепла за рахунок радіаційної теплопередачі. Тому рівень теплового середовища всередині приміщень з різними прозорими оболонками мало відрізняється протягом сезону охолодження. Однак, оскільки освітлювальні стельові системи реагують на опалення погано, теплове середовище в приміщенні сильно залежить від зовнішніх параметрів і змінюється залежно від прозорих оболонок. Отже, використання прозорих конвертів з високою продуктивністю є кращим у зонах з домінуючим опаленням.

В роботі [10] відсутність ефективної стратегії регулювання температури та витрати є одним із ключових факторів надмірного споживання енергії системою централізованого тепlopостачання (ЦТ). Сучасні дослідження з моделювання та контролю вторинної мережі зазвичай розглядають гідравлічні характеристики мережі та побудову теплової динаміки окремо. Однак для багатокімнатної радіаторної системи опалення гідравлічні характеристики та теплодинаміка будівлі поєднані. Важливою є ефективна комбінована теплогідравлічна модель для моделювання та керування багатокімнатними радіаторними системами опалення. У цій роботі запропоновано новий підхід термогідравлічного моделювання. Розподіл температури і теплоємність розглянуто радіатор, а також гідравлічні характеристики радіаторної опалювальної мережі. Для розв'язання запропонованої моделі розроблено чисельний метод. На основі моделі аналізуються різні стратегії управління. Результат показує, що ефективне регулювання швидкості потоку в терміналі може заощадити 8,4%–13% енергії. Пропорційне регулювання перевершує контроль увімкнення-вимкнення в підтримці температури в приміщенні, при цьому їх споживання енергії однакове. Крім того, слід враховувати ефект гідравлічного з'єднання

мережі між домогосподарствами та поверхами, якщо балансові клапани не встановлені на кожному поверсі.

В роботі [11] стратегія ефективного контролю роботи котла була перевірена за допомогою тестових запусків, виконаних на експериментальній установці, що складається з комерційно доступного котла на дровах номінальною потужністю, двох буферних накопичувачів ємністю кожного та нагрівального пристрою з тепловою потужністю до імітації сонячної теплової енергії. колектор. Під час цих тестових запусків викиди СО були зменшені на основній фазі згоряння, було використано більше сонячної енергії, втрати буфера були зменшені на 75 %, а загальна ефективність зросла на 15%. Таким чином, застосування цієї стратегії керування призвело до значного покращення корисності користувача та ефективності системи опалення.

1.1. Висновки по розділу 1

Сучасні системи центрального опалення з котлами складаються з котла, буферного накопичувача та сонячних теплових колекторів. Звичайні стратегії керування цими системами опалення не координують використання всіх компонентів. Це може призвести до неоптимальної роботи всієї системи опалення, що призведе до втрати ефективності та збільшення викидів забруднюючих речовин. Цей внесок представляє стратегію управління, яка враховує всі компоненти системи опалення, включаючи користувача, і прогнозує вихід сонячної енергії та потребу в теплі. Він визначає та виконує оптимальну стратегію роботи, яка покращує корисність користувача та максимізує ефективність системи опалення, а також забезпечує чисте та ефективне згоряння. Стратегія керування безперервно вивчає поведінку

користувача та інструктує користувача, коли потрібно заправляти котел і скільки палива використовувати.

Рекомендується втілювати нову стратегію контролю за допомогою тестових запусків, виконаних на опалювальній котельній, що складається з доступного котла на газу номінальною потужністю, двох буферних накопичувачів та нагрівального пристрою з тепловою потужністю, необхідною для опалення. Тому що в результаті аналізу роботи системи було виявлено, що викиди СО були зменшені на основній фазі згоряння палива, Таким чином, застосування цієї стратегії керування призвело до значного покращення корисності користувача та ефективності системи опалення.

2. ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ МІКРОРАЙОНУ

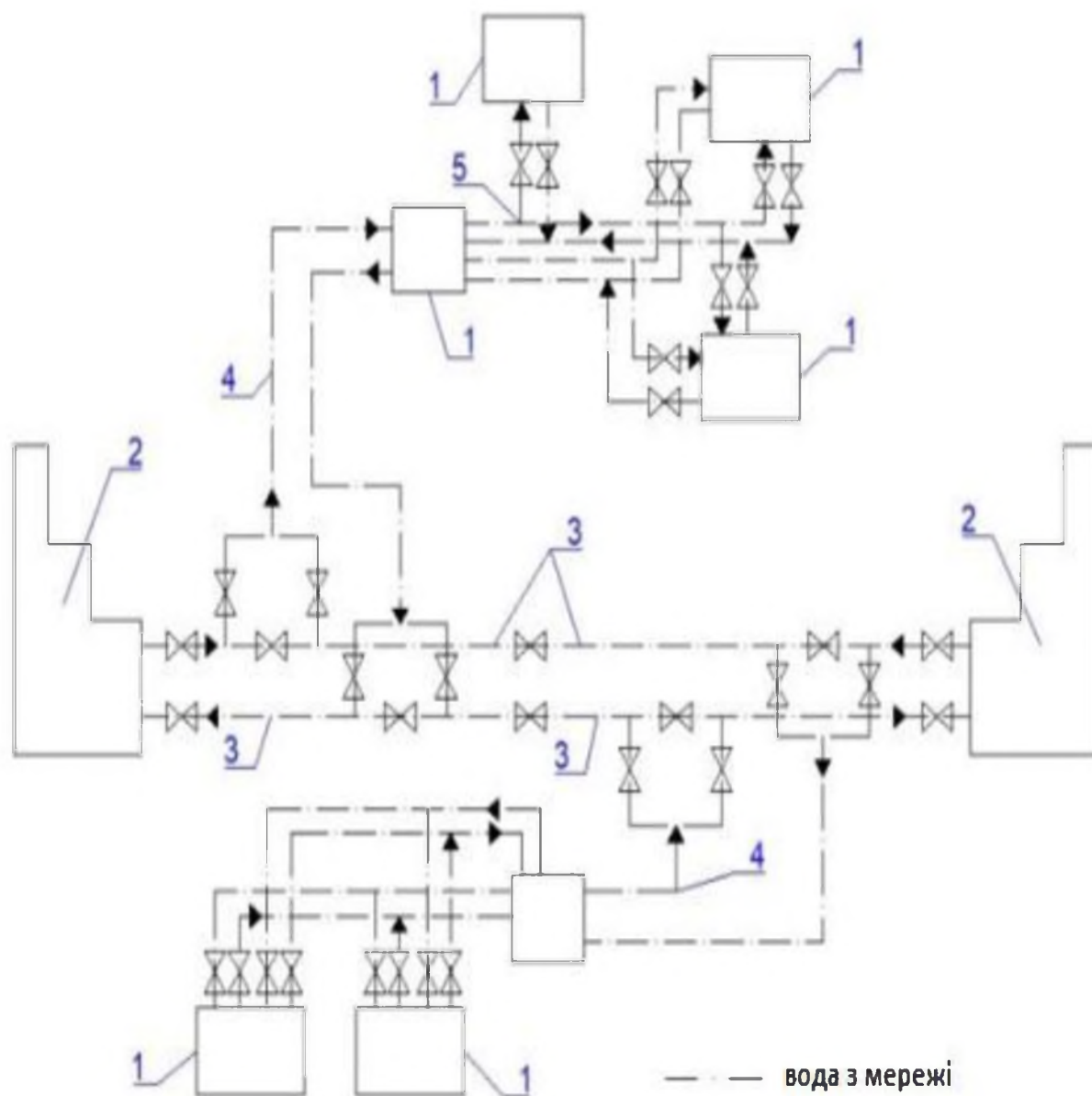
2.1. Описання схеми підключення мікрорайону

Дослідження опалення будемо проводити в покровській громаді в селище Шевченко, яке розташовано на півдні від Покровська. Сезонна зміна температури коливається в межах, які представлені в табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Температура навколишнього середовища та її тривалість в селище Шевченко

Температура, °С	N, годин	Сумма годин, n
-25	17	13
-20	67	64
-15	198	214
-10	412	526
-5	673	1034
0	1040	1821
5	1377	1900
10	1387	1200
15	1438	600
20	1297	900
25	1075	250
30	1093	200

Схема теплопостачання має наступний вид (рис.2.1), та складається з житлових будівель, ділянок теплоелектроцентралі, яка має трубопроводи для забезпечення абонентів тепловою енергією з наявним джерелом тепла та розподільчими установками [10].



1 - споживачі теплоти житлові будівлі; 2 - джерела теплового постачання; 3 - ділянки магістральної теплової мережі; 4 - розподільні теплові мережі; 5 - квартальні теплові мережі [9].

Рисунок 2.1 – Схема опалення селища Шевченко:

Для теплопостачання, а саме опалення мікрорайону застосовують закриту однострубну систему з двома джерелами енергії, позиція 2 (рис.2.1).

В якості першого джерела теплової енергії використовують котел ДКВР - -20-23 ГМ (рис.2.2), а в якості другого джерела котел (рис.2.3).

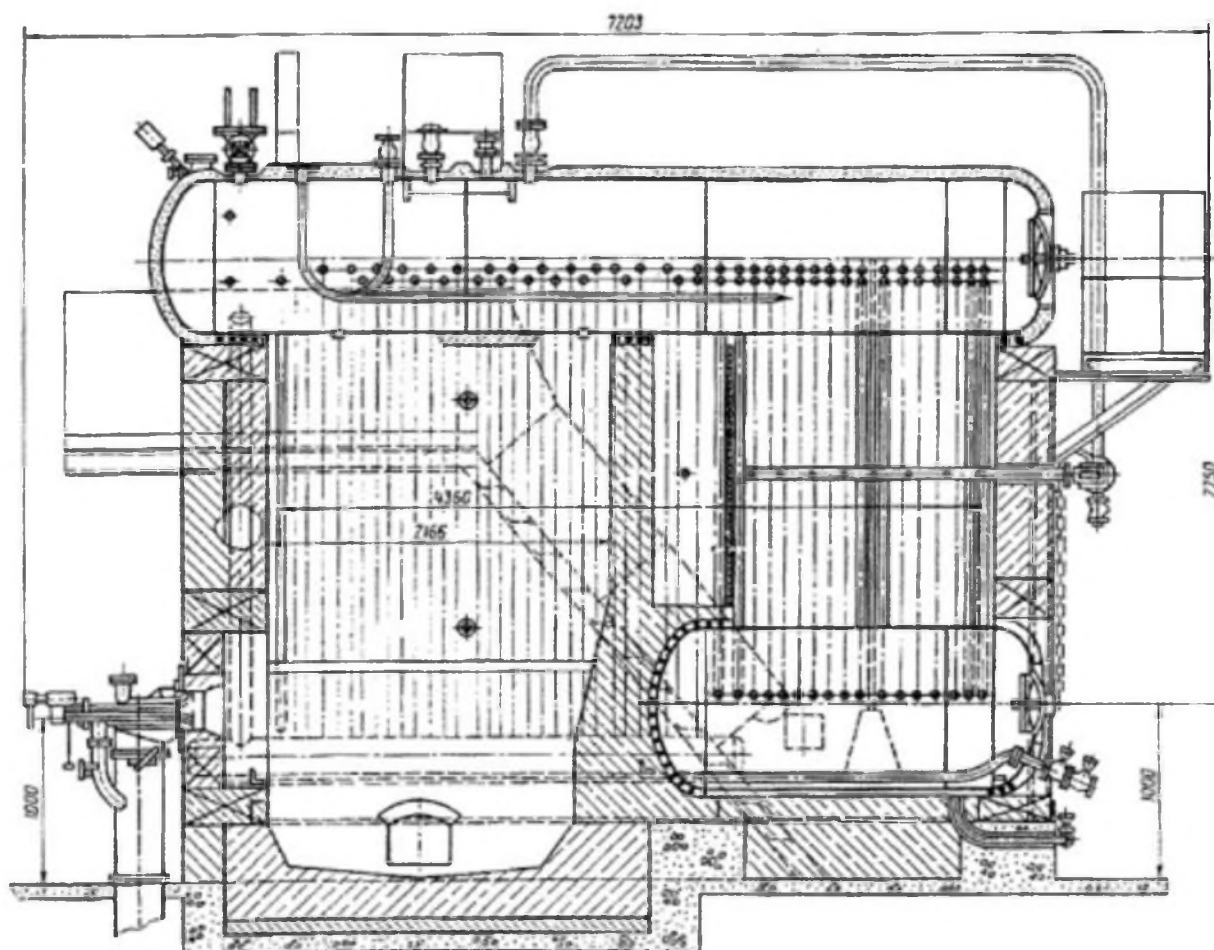


Рисунок 2.2 – Схема котла ДКВР-20-23 ГМ

Вертикально-водотрубний паровий котел ДКВр-20-23 ГМ. Це котел де екранована камера топки розташована збоку від конвективної частини котла.

В котлі є верхній маленький барабан та нижній, які з'єднані між собою трубами по яким рухається рідина. Гази з топкової камери рухаються крізь кип'ятильні пучки, а потім через пароперегрівач, який розташовано по обидві сторони котла, що забезпечує максимальний нагрів поверхонь димовими

газами. При цьому перегріта пара надходить у колектор, де збирається та відділяється від вологи через сепаратор. Вода для підпитки втрат направляється у верхній колектор.

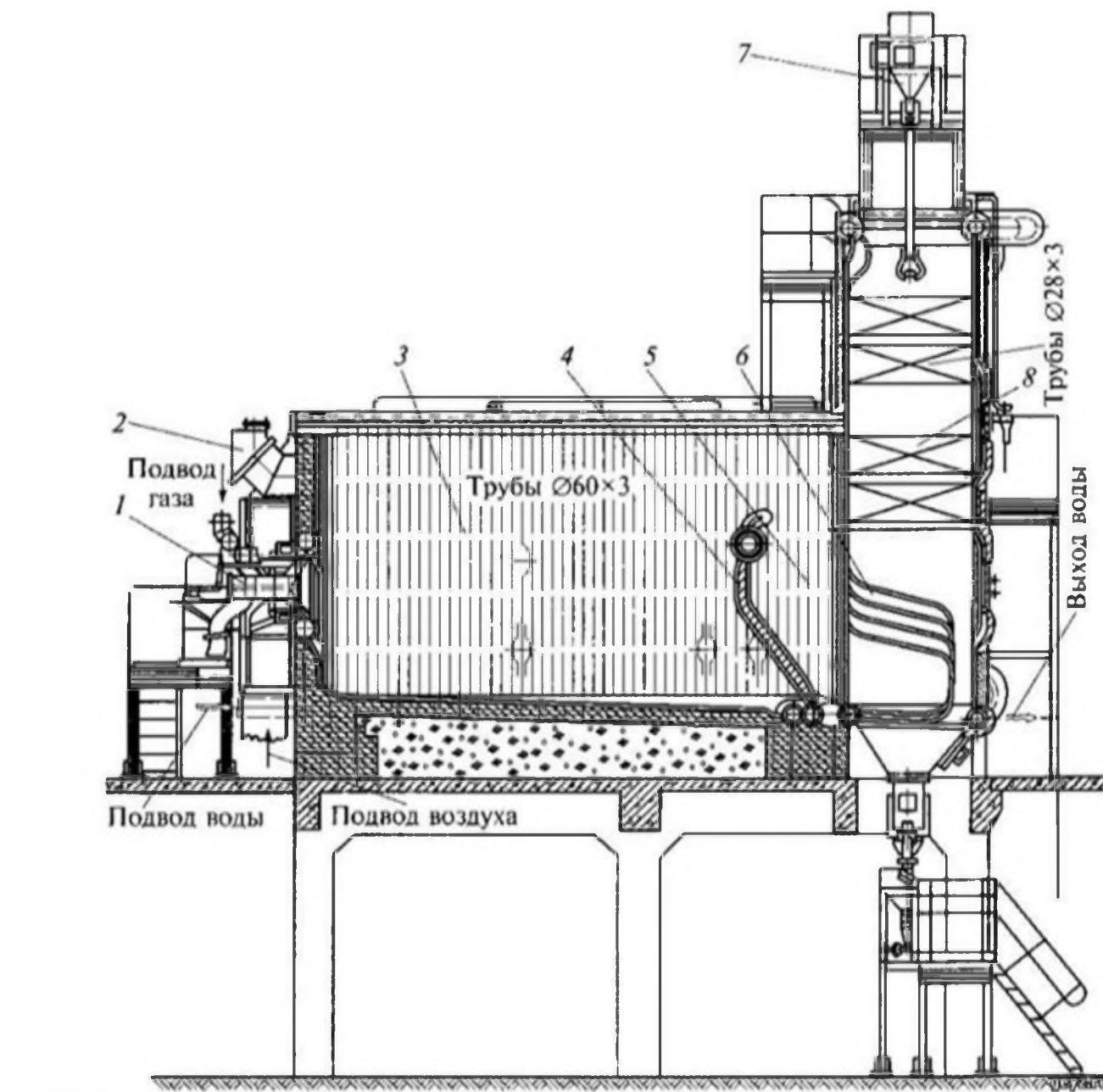


Рисунок 2.3 – Схема котла KB-ГМ -116

Друге джерело енергії котел іншої серії ніж ДКВР, а саме KB-ГМ -116, з паровою потужністю 11,6 тони на годину, з двома пальниками типу ГМГ-2, на відміну від котла ДКВр-20-23 ГМ, який має 3 пальники типу ГМГ-5. У котлах із пароперегрівачем останні розміщуються у першому газоході з лівого боку котла. В котлі є верхній маленький барабан та нижній, які

з'єднані між собою трубами по яким рухається рідина. Гази з топкової камери рухаються асиметрично газам, які відходять з котла. Пароперегрівач розташовують з лівої сторони котла.

2.2. Дослідження зміни температури в тепловій мережі

Селище Шевченко розташовано в південній частині міста Покровська, та прилягає до покровської територіальної громади. Знаходиться в помірній кліматичній зоні. Температура води в системі опалення району селища Шевченко коливається в межах від 130 °С в напрямку при подачі води, а коли повертається 70°С. Більш детальна схема підключення вводу та виводу абонентів з теплової мережі наведена на рис.2.4 [9].

Розрахувати значення теплового навантаження в залежності від температур оточуючого середовища можна по наступним рівнянням:

Коли теплоносій циркулює до абонентів:

$$\tau_1 = t_{\text{вн}} + \Delta t \left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{про}}} \right)^{0,8} + (\Delta \tau - 0,5\theta) \left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{про}}} \right), \quad (2.1)$$

Коли теплоносій циркулює від абонентів:

$$\tau_2 = t_{\text{вн}} + \Delta t \left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{про}}} \right)^{0,8} - 0,5\theta \left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{про}}} \right), \quad (2.2)$$

де $\Delta \tau$ - температурний напір:

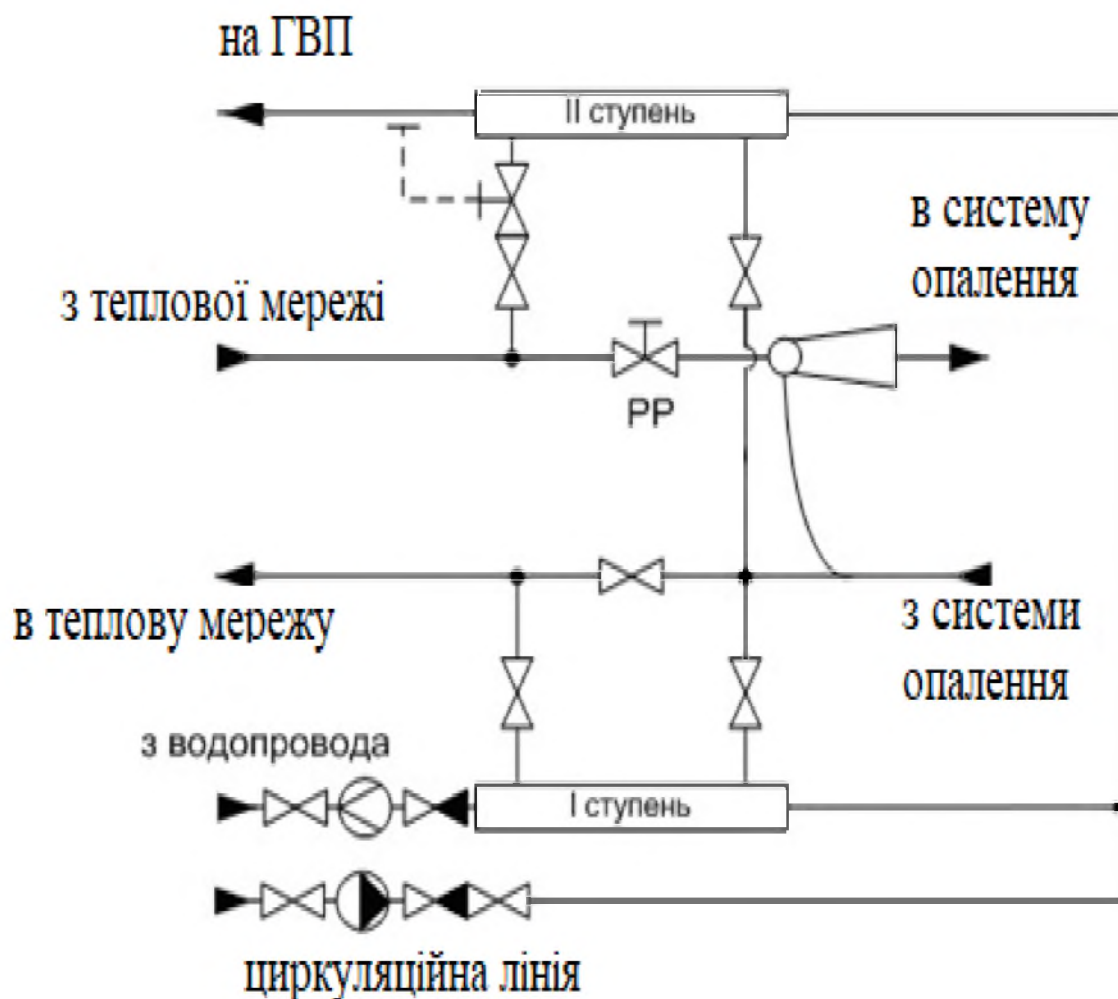


Рисунок 2.4 – Схема вводу в експлуатацію теплової мережі та абонентів

$$\Delta t = \frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_{\text{вн}}, \quad (2.3)$$

- t_1 – температура води в прямому трубопроводі;
- t_2 – температура води в зворотному трубопроводі;
- t_3 – температура води в трубопроводі після змішання;
- $t_{\text{вн}}$ – температура в приміщенні;
- $t_{\text{н}}$ – температура навколишнього середовища;
- $t_{\text{нро}}$ – температура мінімальна середовища.

Згідно з рис. 2.4 приєднання джерел тепlopостачання та споживачів відбувається по 2 ступеням.

Температура води в першій ступені :

$$t_1 = 130 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_2 = 70 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_3 = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Як показано з табл.2.1 температура навколишнього середовища змінюється від $-25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, та тримається протягом різного інтервала часу. Нам являє інтерес, проміжок часу та температур від -25°C та нижче до $+8^{\circ}\text{C}$. Визначимо температурний напір для нашої системи по формулі 2.3.

$$\Delta t = \frac{90 + 70}{2} - 20 = 70,0^{\circ}\text{C}$$

Обчислимо для системи опалення перепад температур :

$$\Delta \tau = \tau_1 - \tau_2 = 130 - 70 = 60^{\circ}\text{C}$$

В системі опалення обчислимо для 2 ступеня перепад температур:

$$\theta = \tau_3 - \tau_2 = 90 - 70 = 20^{\circ}\text{C}$$

Обчислимо зміну температури води в падаючому та зворотному напрямках при поверненні її в теплову мережу під час роботи приладів опалювальна.

Визначимо при $+10^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_1 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 - 10}{18 + 35} \right)^{0,8} + (60,0 - 0,5 \cdot 20) \left(\frac{18 - 10}{18 + 35} \right) = 39^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 - 10}{18 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \left(\frac{18 - 10}{18 + 35} \right) = 30^{\circ}\text{C}$$

Визначимо при $+8^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_1 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 - 8}{18 + 35} \right)^{0,8} + (60,0 - 0,5 \cdot 20) \left(\frac{18 - 8}{18 + 35} \right) = 46^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 - 8}{18 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \left(\frac{18 - 8}{18 + 35} \right) = 34^{\circ}\text{C}$$

Визначимо при $+5^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_1 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 - 5}{18 + 35} \right)^{0,8} + (60,0 - 0,5 \cdot 20) \left(\frac{18 - 5}{18 + 35} \right) = 55^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 - 5}{18 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \left(\frac{18 - 5}{18 + 35} \right) = 38^{\circ}\text{C}$$

Визначимо при $+0^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_1 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 - 0}{18 + 35} \right)^{0,8} + (60,0 - 0,5 \cdot 20) \left(\frac{18 - 0}{18 + 35} \right) = 69^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 - 0}{18 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \left(\frac{18 - 0}{18 + 35} \right) = 44^{\circ}\text{C}$$

Визначимо при -5°C :

$$\tau_1 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 + 5}{18 + 35} \right)^{0,8} + (60,0 - 0,5 \cdot 20) \left(\frac{18 + 5}{18 + 35} \right) = 84^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 + 5}{18 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \left(\frac{18 + 5}{18 + 35} \right) = 51^{\circ}\text{C}$$

Визначимо при -10°C :

$$\tau_1 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 + 10}{18 + 35} \right)^{0,8} + (60,0 - 0,5 \cdot 20) \left(\frac{18 + 10}{18 + 35} \right) = 97^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 + 10}{18 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \left(\frac{18 + 10}{18 + 35} \right) = 57^{\circ}\text{C}$$

Визначимо при -15°C :

$$\tau_1 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 + 15}{18 + 35} \right)^{0,8} + (60,0 - 0,5 \cdot 20) \left(\frac{18 + 15}{18 + 35} \right) = 110^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 + 15}{18 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \left(\frac{18 + 15}{18 + 35} \right) = 62^{\circ}\text{C}$$

Визначимо при -20°C :

$$\tau_1 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 + 20}{18 + 35} \right)^{0,8} + (60,0 - 0,5 \cdot 20) \left(\frac{18 + 20}{18 + 35} \right) = 122^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 + 20}{18 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \left(\frac{18 + 20}{18 + 35} \right) = 67^{\circ}\text{C}$$

Визначимо при -25°C :

$$\tau_1 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 + 25}{18 + 35} \right)^{0,8} + (60,0 - 0,5 \cdot 20) \left(\frac{18 + 25}{18 + 35} \right) = 134^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = 18 + 60,0 \left(\frac{18 + 25}{18 + 35} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 20 \left(\frac{18 + 25}{18 + 35} \right) = 74^\circ \text{C}$$

Обчислені результати занесемо до табл.2.2. та представимо на рис.2.4.

Таблиця 2.2 – Описання температур та навантаження

Температура зовнішнього повітря °C	Температура води в трубопроводі, що подає°C	Температура води в зворотному трубопроводі°C	Теплове навантаження %
1	2	3	4
10	39	30	15%
9	43	32	18%
8	46	34	21%
7	49	35	23%
6	52	37	26%
5	55	38	28%
4	58	40	31%
3	61	41	33%
2	64	42	36%
1	67	44	38%
0	69	44	41%
-1	72	46	44%
-2	75	47	46%
-3	78	49	49%
-4	81	50	51%
-6	86	52	56%

Продовження табл.2.2

1	2	3	4
-7	89	54	59%
-8	91	54	62%
-9	94	56	64%
-10	97	57	67%
-11	99	57	69%
-12	102	59	72%
-13	105	60	74%
-14	107	61	77%
-15	110	62	79%
-16	112	63	82%
-17	115	64	85%
-18	117	65	87%
-19	120	66	90%
-20	122	67	92%
-21	125	68	95%
-22	128	70	97%
-23	130	70	100%

Як бачимо з рис.2.4 зі зростанням температури навколишнього середовища відбуваються зниження температури в падаючому та зворотному напрямках руху рідини. При чому теплове навантаження при температурі навколишнього середовища $+8^{\circ}\text{C}$ становить 15 %, а при -23°C становить 100%, тому зобразимо графік на рис.2.5 теплового навантаження від температури навколишнього середовища.

Теплове навантаження зі зниженням температури зростає, якщо провести математичне моделювання то бачимо що воно змінюється по лінійному закону, а саме:

Теплове навантаження = $-0,0256 \cdot T + 0,4103$,

З надійністю $R^2 = 0,9999$

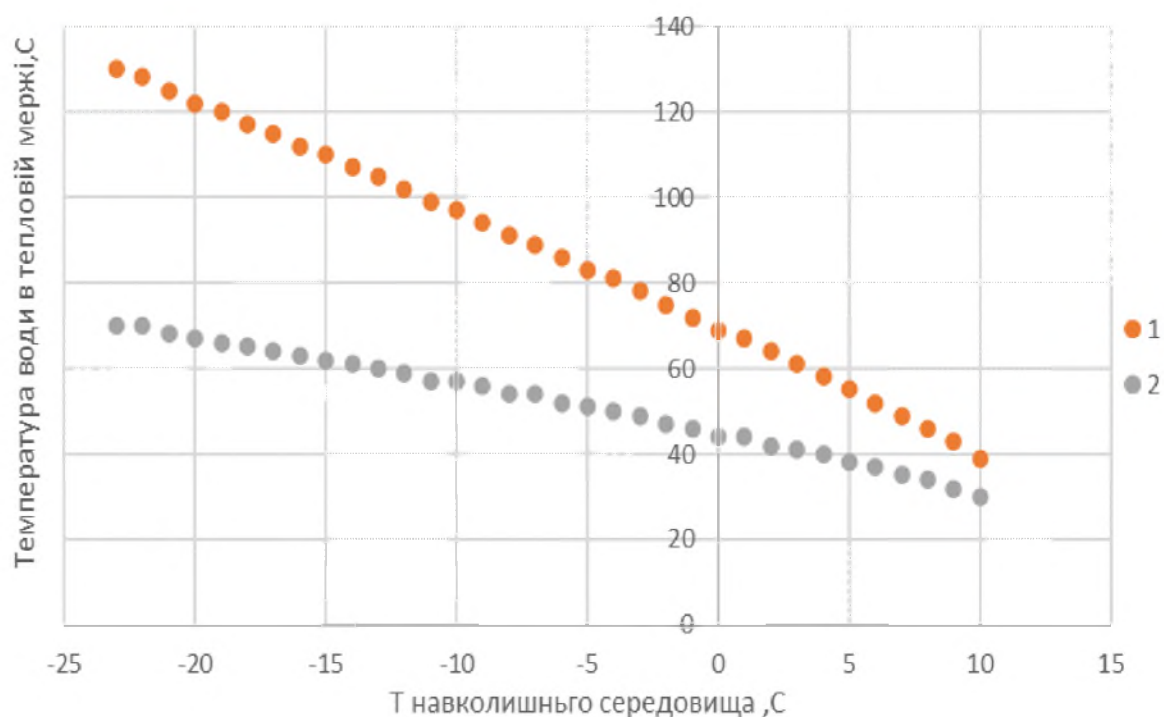


Рисунок 2.4 – Схема графічного зображення температур в падаючому (1) та зворотному (2) трубопроводах напрямках

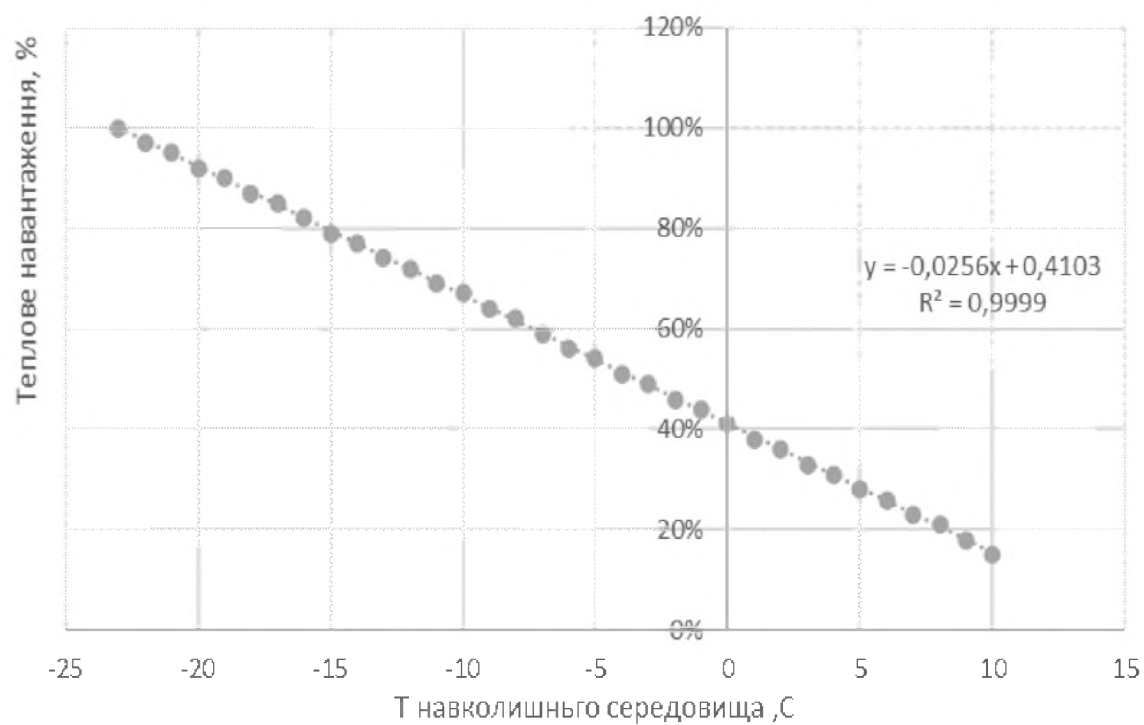


Рисунок 2.5 – Залежність теплового навантаження від навколишньої температури

2.3. Визначення втрат води для опалення

Характеристика мікрорайону с. Шевченка для опалення складається з декількох десятків приватних будинків, та багатоповерхових домів, амбулаторії, загальноосвітньої школи, дитячого садочка та невеликого санаторію, 4 стаціонарних магазинів для опалення в таблиці 2.3.

Кількість тепла на опалення ($Q_{р\text{от}}$, Вт) розраховується по наступному виразу:

$$Q = (\sum S_{пр} q \cdot k) \cdot K,$$

де S - площа опалювальних приміщень, m^2 ;

q - теплова характеристика будівель, $Вт / m^2$ ($90 \dots 110 \text{ Вт} / m^2$);

k - коефіцієнт, який враховує місце розташування об'єкту. Для селища Шевченко беремо 1.

K - коефіцієнт термічного запасу, від 1,2-1,3.

В мережі витрата води для потреб опалення з урахуванням кількості тепла на опалення складає:

$$G_o^{\max} = \frac{Q_p^{\text{от}}}{c \cdot (t_{п} - t_o)},$$

де c - теплоємність води, ($c = 4197 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot K)$);

$t_{п}$ - температура в прямому трубопроводі при виході з котла в теплову мережу котельні $t_{п} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

t_o - температура в зворотному трубопроводі в тепловій мережі, при температурі експлуатації та дорівнює $t_o = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розраховані данні занесемо в табл.2.3, та графічно представимо розподілення витрати на опалення води по типах приміщень на рис.2.6.

Таблиця 2.3 – Данні про споживачів тепла на опалення

№	Тип приміщення	площа будівлі ($S_{пр}$), м ²	Кількість тепла ($Q_{р\text{от}}$), Вт	Витрата на опалення води (G_0^{max}), м ³ /год
1	Будинок №:1	753,35	90402	0,358995
2	2	580,9	69708	0,276817
3	3	625	75000	0,297832
4	4	875	105000	0,416964
5	5	705,9	84708	0,336383
6	6	580,9	69708	0,276817
7	7	580,9	69708	0,276817
8	8	705,9	84708	0,336383
9	9	504,4	60528	0,240362
10	10	611,75	73410	0,291518
11	11	610,3	73236	0,290827
12	Магазин	100	12000	0,047653
13	Магазин	120	14400	0,057184
14	Магазин	115	13800	0,054801
15	магазин	115	13800	0,054801
16	амбулаторія	80	9600	0,038122
17	Дитячий садок	1500	180000	0,714796
18	ЗОШ	4500	540000	2,144389
19	Приватний сектор (1 поверхові дома)	7421	890520	3,536335
	усього	21085,3	2530236	10,0478

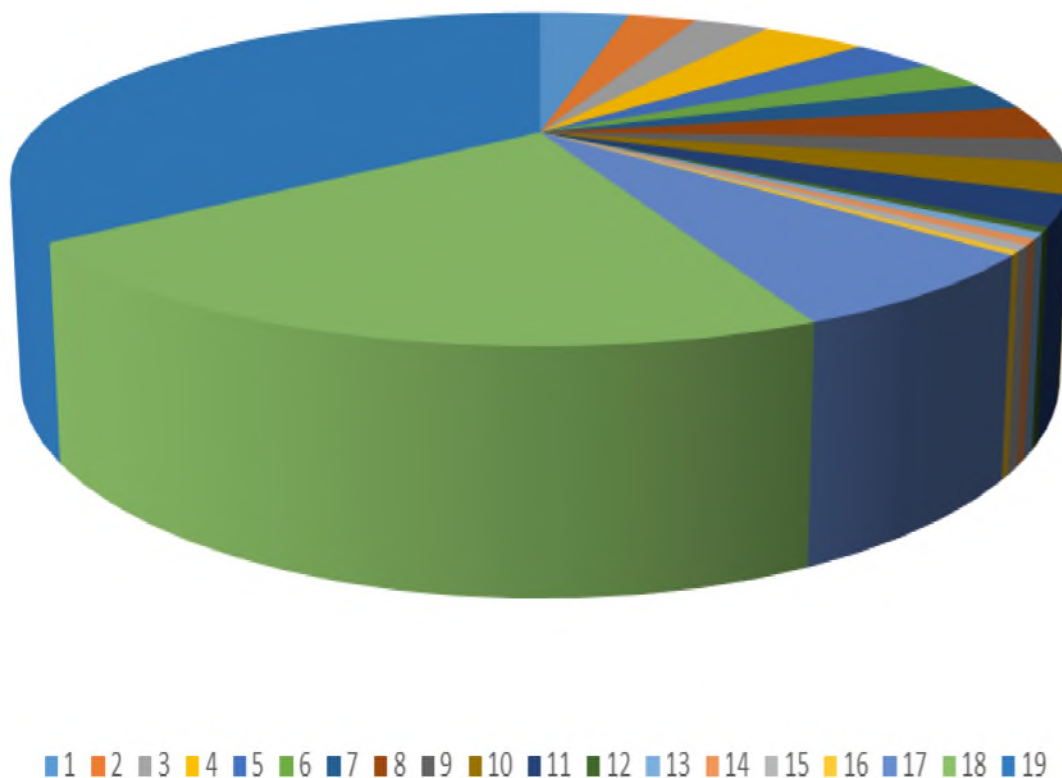


Рисунок 2.6 – Витрата на опалення води з мережі по типах приміщень

Як бачимо з рис.2.6 більша частина витрати води приходить на приватний сектор, зош, дитячий садочок протягом опалювального періоду. А тепер цікаво проаналізувати, як зміниться витрата води при зміні температури навколишнього середовища, коли змінюється температура в падаючому та зворотному трубопроводах. Для цього скористаємося даними в табл.2.2, стовбець 2 та 3, та за допомогою рівняння знайдемо витрати води від температури:

$$G_{\epsilon} = \frac{Q_p^{om}}{c_p \cdot (t_1 - t_2)}$$

Розраховані дані занесемо до табл.2.4

Таблиця 2.4 – Данні про витрату води

$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$G, \text{кг/с}$
10	39	30	66985,31
9	43	32	54806,16
8	46	34	50238,98
7	49	35	43061,98
6	52	37	40191,18
5	55	38	35462,81
4	58	40	33492,65
3	61	41	30143,39
2	64	42	27403,08
1	67	44	26211,64
0	69	44	24114,71
-1	72	46	23187,22
-2	75	47	21530,99
-3	78	49	20788,54
-4	81	50	19447,35
-5	83	51	18839,62
-6	86	52	17731,4
-7	89	54	17224,79
-8	91	54	16293,72
-9	94	56	15864,94
-10	97	57	15071,69
-11	99	57	14353,99
-12	102	59	14020,18
-13	105	60	13397,06
-14	107	61	13105,82
-15	110	62	12559,75

Продовження табл.2.4

-16	112	63	12303,42
-17	115	64	11820,94
-18	117	65	11593,61
-19	120	66	11164,22
-20	122	67	10961,23
-21	125	68	10576,63
-22	128	70	10394,27
-23	130	70	10047,8

Графічно зміна витрати від температури представлено на рис.2.7

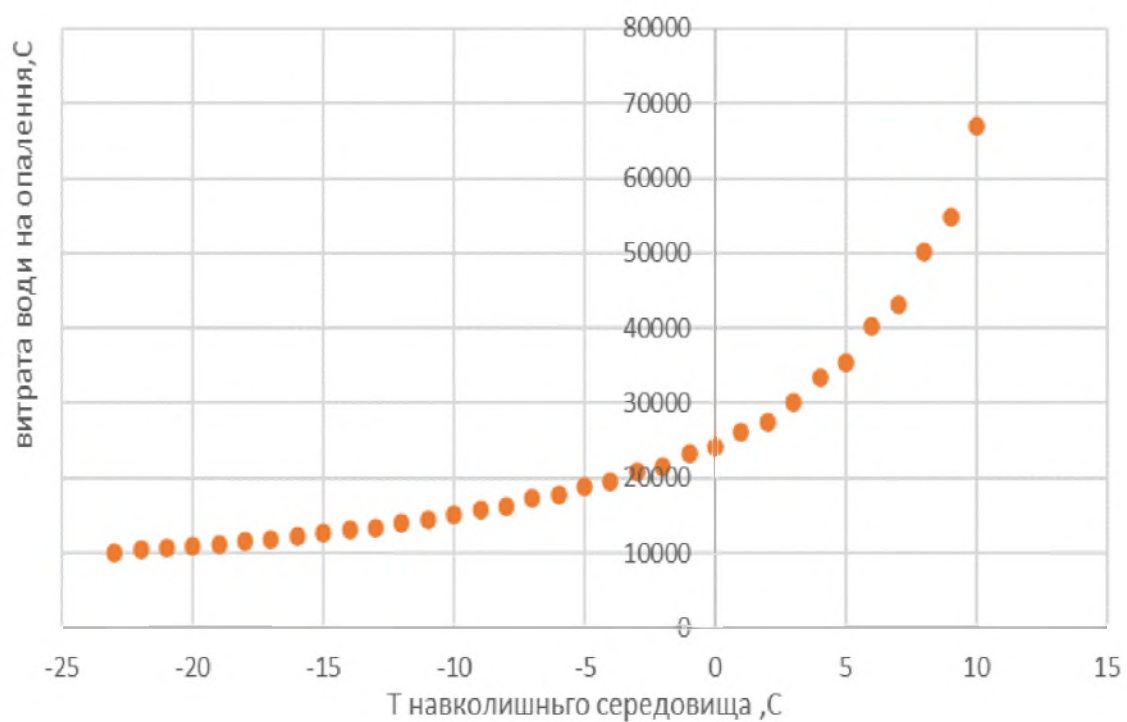


Рисунок 2.7– Залежність витрата води з мережі на опалення від температури навколишнього середовища

Як бачимо з рис.2.7 витрата води на опалення мікрорайону при зниженні температури навколишнього середовища знижується, і це цікаве

явище, тому опишемо його математично, де y - витрата води, а x - це температура:

$$y = 3,689x^3 + 139,94x^2 + 1960,2x + 24073$$

$$R^2 = 0,9884$$

Пояснити зниження витрата води з мережі на опалення від температури навколишнього середовища можна пояснити тим, що вода циркулює по замкнутій системі під високим тиском, та відсутні відбори для обонентів.

2.4. Висновки по розділу 2

Селище Шевченко розташовано в південній частині міста Покровська, та прилягає до покровської територіальної громади. Температура води в системі опалення району селища Шевченко коливається в межах від 130 °С в напрямку при подачі води, а коли повертається 70°С.

Можна зробити висновок, що зі зростанням температури навколишнього середовища відбуваються зниження температури в падаючому та зворотному напрямках руху рідини. При чому теплове навантаження при температурі навколишнього середовища +8°С становить 15 %, а при -23 °С становить 100%.

Теплове навантаження в мережі опалення зі зниженням температури зростає, якщо провести математичне моделювання то бачимо що воно змінюється по лінійному закону.

Визначено, що більша частина витрати води приходить на приватний сектор, зош, дитячий садочок протягом опалювального періоду. Проаналізовано, що знижується витрата води при зміні температури навколишнього середовища, коли змінюється температура в падаючому та зворотному трубопроводах.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОБОТИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

3.1. Визначення необхідної кількості тепла при роботі котельні

Визначення необхідної кількості тепла при роботі котельні проводимо за допомогою розрахунку з використанням температури навколишнього середовища по наступному рівнянню:

$$Q_0 = \frac{Q_p^{om} (t_{en} - t_n)}{(t_{en} - t_{про})}$$

де t_{en} – температура в приміщенні;

t_n – температура навколишнього середовища;

$t_{про}$ – температура мінімальна середовища.

Розраховані данні занесемо до табл. 3.1. та представимо все графічно на рис.3.1

Таблиця 3.1 – Данні про необхідну кількість теплоти

$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	(Q), Вт	Q сум, Вт	Qгв, Вт с
10	39	30	493704,6	164,7504	62685,73
9	43	32	555417,7	180,6988	50147,79
8	46	34	617130,7	196,6473	50147,79
7	49	35	678843,8	212,5958	50147,79
6	52	37	740556,9	228,5443	50147,79
5	55	38	802270	244,4927	50147,79
4	58	40	863983	260,4412	50147,79
3	61	41	925696,1	276,3897	50147,79

2	64	42	987409,2	292,3382	50147,79
1	67	44	1049122	308,2866	50147,79
0	69	44	1110835	324,2351	50147,79
-1	72	46	1172548	340,1836	50147,79
-2	75	47	1234261	356,1321	50147,79
-3	78	49	1295975	372,0805	50147,79
-4	81	50	1357688	388,029	50147,79
-5	83	51	1419401	403,9775	50147,79
-6	86	52	1481114	419,926	50147,79
-7	89	54	1542827	435,8744	50147,79
-8	91	54	1604540	451,8229	50147,79
-9	94	56	1666253	467,7714	50147,79
-10	97	57	1727966	483,7199	50147,79
-11	99	57	1789679	499,6683	50147,79
-12	102	59	1851392	515,6168	50147,79
-13	105	60	1913105	531,5653	50147,79
-14	107	61	1974818	547,5138	50147,79
-15	110	62	2036531	563,4622	50147,79
-16	112	63	2098244	579,4107	50147,79
-17	115	64	2159958	595,3592	50147,79
-18	117	65	2221671	611,3077	50147,79
-19	120	66	2283384	627,2562	50147,79
-20	122	67	2345097	643,2046	50147,79
-21	125	68	2406810	659,1531	50147,79
-22	128	70	2468523	675,1016	50147,79
-23	130	70	2530236	691,0501	50147,79

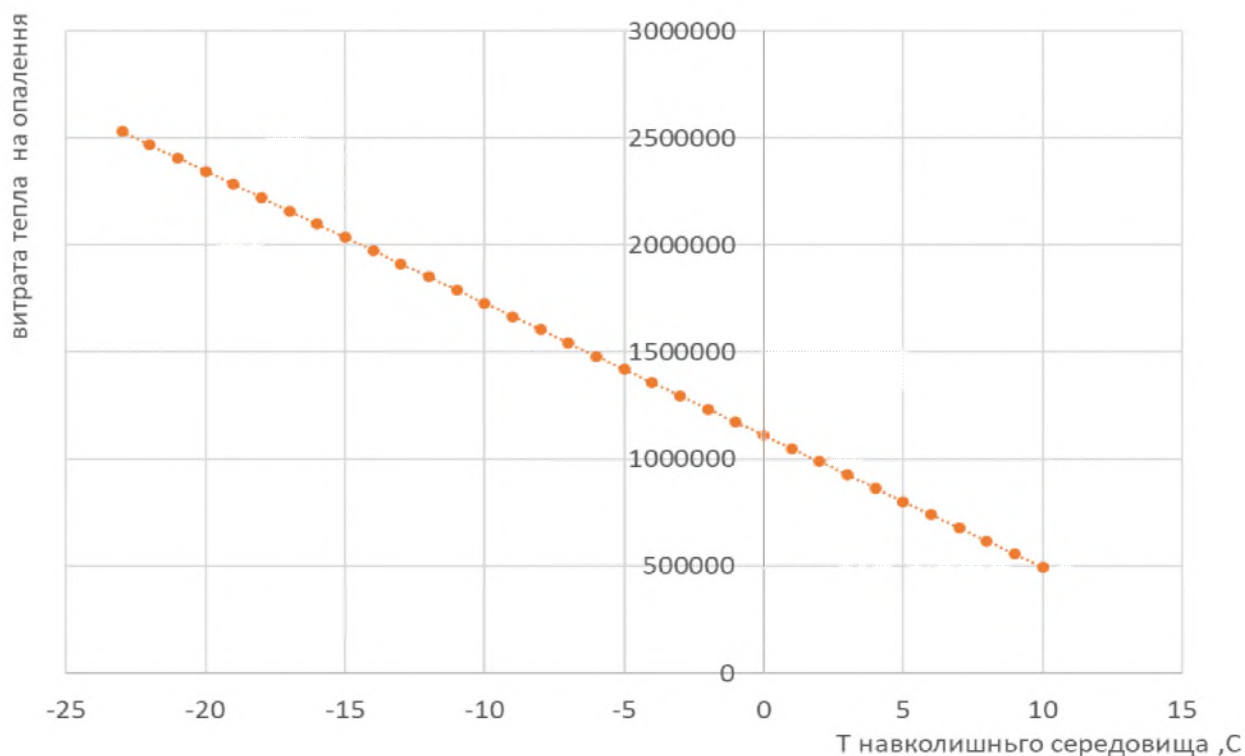


Рисунок 3.1 – Залежність витрата тепла на опалення від температури навколишнього середовища

Як бачимо з рис.3.1 витрата тепла на опалення мікрорайону при зниженні температури навколишнього середовища збільшується, і математично це можна представити в вигляді:

$$y = 3,689x^3 + 139,94x^2 + 1960,2x + 24073$$

$$R^2 = 0,9884$$

Проведемо розрахунок витрати теплоти на часткове забезпечення населення гарячою водою

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} = q_{\text{Г}} \cdot m$$

Сумарне значення витрати теплоти можна знати по наступному виразу:

$$Q_{\text{сум}} = 1,05(Q_{\text{оmax}} + Q_{\text{вmax}} + Q_{\text{гвс}}^{\text{ср}})$$

Після проведених розрахунків зробимо графічне представлення витрат тепла на рис.3.2.

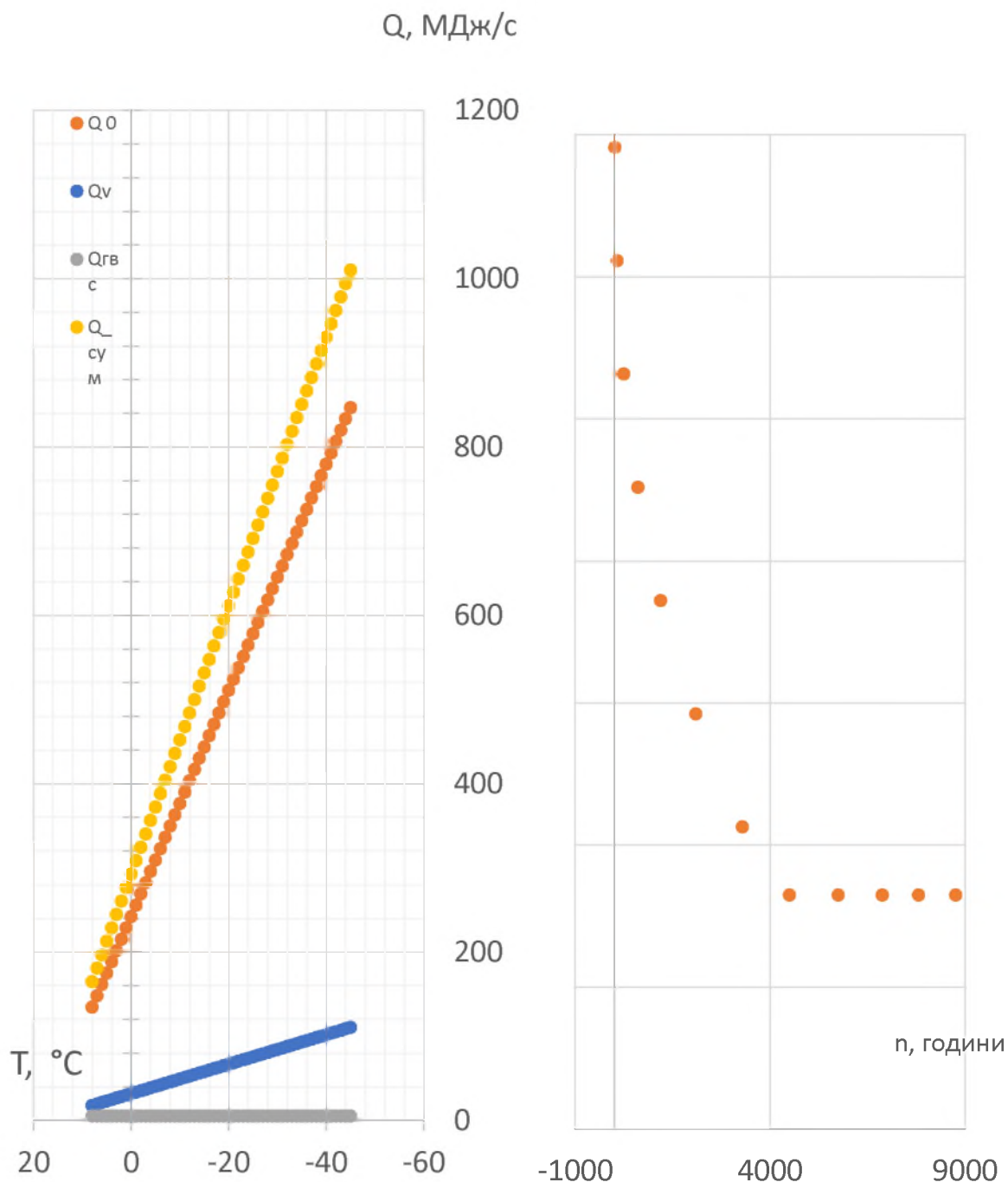


Рисунок 3.2 – Залежність витрат тепла на забезпечення опалення

З рис.3.2 видно, що витрати тепла зростають пропорційно зниженню температури, а це в свою чергу призводить до збільшення потреб в споживанні енергетичних ресурсів.

3.2. Визначення необхідної кількості палива при роботі котельні

В покровській громаді в селище Шевченко опалювання відбувається за допомогою двох котельнь і розташованих в них котлів ДКВр та КГВС. Теплове навантаження в них ділиться в співвідношенні 0,75 та 0,25. А саме котельня с котлом Дквр, а саме котельня №1, має теплове навантаження 5,85 МВт. А котельня №2, с котлом КГВС має теплове навантаження 1,95 МВт.

Зробимо розрахунок для котельні №1 та визначимо, яку необхідно отримати кількість теплоті по місяцям для забезпечення опалення селища в повному обсязі.

$$Q_1 = Q_0 + C \cdot \cos\left(\frac{t}{4380} \cdot \pi\right) + D \cdot \cos\left(\frac{t}{2190} \cdot \pi\right) \quad (3.1)$$

де Q_0 , МВт- теплого навантаження для кожної котельні;

C, D - перевірочні коефіцієнти.

Виконаємо розрахунок необхідної кількості тепла для кожного місяця, отримані данні занесемо в табл.3.2.

Виходячи з описаного середнє протягом опалювального року теплове навантаження визначається за виразом:

$$Q_{\text{сер.}} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T Q \cdot dt =$$

$$= \frac{1}{8760} \cdot \int_0^{8760} \left[Q_0 + C \cdot \cos\left(\frac{t}{4380} \cdot \pi\right) + D \cdot \cos\left(\frac{t}{2190} \cdot \pi\right) \right] dt, (\text{МВт})$$

(3.2)

Таблиця 3.2 – Дані з розрахунками кількості теплоти по місяцям

t, год	Q ₀ , МВт	C	t/4380	cos((t/4380)·π)	C·cos((t/4380)·π)	D	t/2190	cos((t/2190)·π)	D·cos((t/2190)·π)	Q, МВт
0	5,85	7	0,0	1,00	6,60	0,8	0,00	1,00	0,80	13,3
744	5,85	7	0,2	0,86	5,68	0,8	0,34	0,48	0,39	11,9
1488	5,85	7	0,3	0,48	3,18	0,8	0,68	-0,53	-0,43	8,61
2232	5,85	7	0,5	-0,03	-0,20	0,8	1,02	-1,00	-0,80	4,85
2976	5,85	7	0,7	-0,53	-3,53	0,8	1,36	-0,43	-0,34	1,98
3720	5,85	7	0,8	-0,89	-5,87	0,8	1,70	0,58	0,47	0,44
4464	5,85	7	1,0	-1,00	-6,59	0,8	2,04	0,99	0,79	0,06
5208	5,85	7	1,2	-0,83	-5,47	0,8	2,38	0,37	0,30	0,68
5952	5,85	7	1,4	-0,43	-2,83	0,8	2,72	-0,63	-0,51	2,51
6696	5,85	7	1,5	0,09	0,60	0,8	3,06	-0,98	-0,79	5,66
7440	5,85	7	1,7	0,58	3,86	0,8	3,40	-0,32	-0,25	9,45
8184	5,85	7	1,8	0,92	6,04	0,8	3,74	0,68	0,54	12,5
8928	5,85	7	2,0	1,00	6,60	0,8	4,00	1,00	0,80	13,2

З таблиці 3.2 знайдемо максимальне та мінімальне значення кількості теплоти протягом року:

$$Q_{\text{max}} = 13,3 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{min}} = 0,06 \text{ МВт}$$

Для покращення сприйняття та розуміння побудуємо графік на рис.3.3.

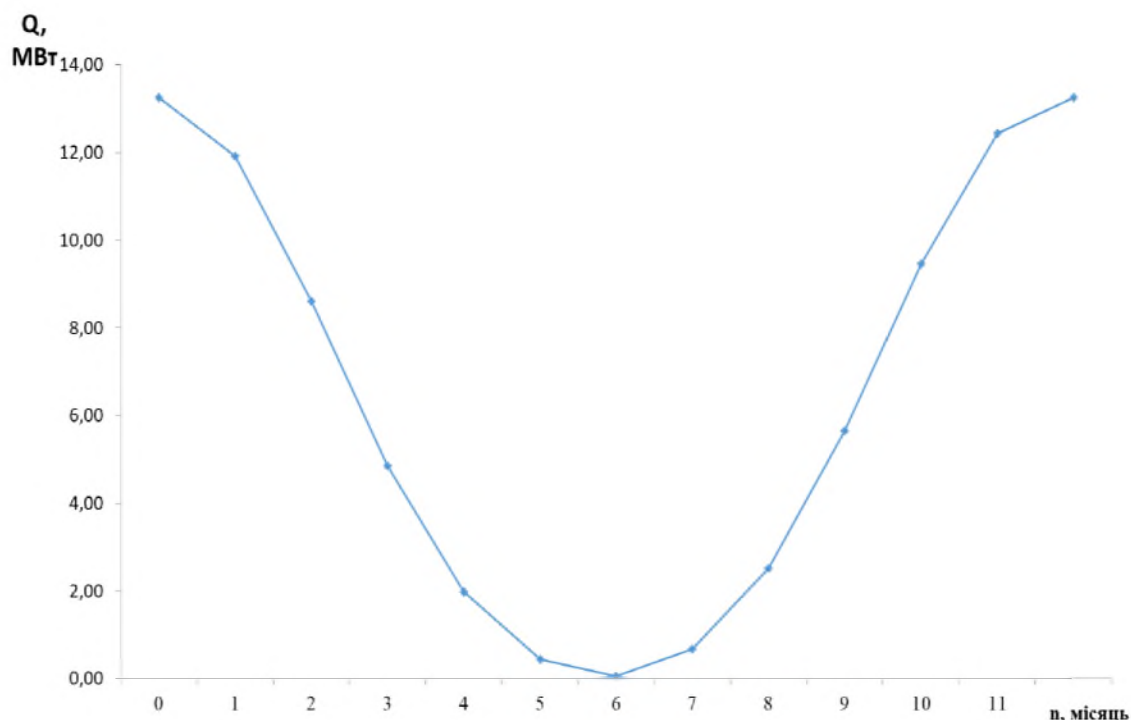


Рисунок 3.3 – Характеристика зміни кількості теплоти протягом року для котельні №1

Проведемо аналіз, з рисунка добре спостерігається, що з скінченням сезону опалення, а саме при наближенні до третього місяця витрати теплоти зменшуються, а коли опалювальний сезон закінчується вони сягають майже 0 позначки, хоча спостерігаємо деяке використання природних ресурсів на гаряче водопостачання в розмірі від 0 до 2 МВт, протягом квітня- травня та липня – вересня, майже нульове значення в червні пояснюється тим, що котельня зупиняється на плановий поточний ремонт, перед стартом нового опалювального сезону. Протягом усього року витрати кількості тепла знайдемо , як

$$Q^r = Q_{\text{сер.}} \cdot 8760, \text{ (МВт} \cdot \text{год)}, \quad (3.3)$$

$$Q_{\Gamma} = \int_0^{8760} \left[Q_0 + C \cdot \cos\left(\frac{t}{4380} \cdot \pi\right) + D \cdot \cos\left(\frac{t}{2190} \cdot \pi\right) \right] dt, (\text{МВт} \cdot \text{год}), \quad (3.4)$$

Бачимо що

$$Q_{\text{ср}} = 3,55 \text{ МВт}$$

$$Q_{\Gamma} = 31060,869 \text{ МВт} \cdot \text{годину}$$

При роботі котельні №2 с котлом КГВС, яка має теплове навантаження 1,95 МВт розрахуємо кількість теплоти по формулам (3.1-3.2) та визначимо, яку необхідно отримати кількість теплоті по місяцям для забезпечення опалення селища в повному обсязі, отримані данні занесемо в табл.3.3.

Таблица 3.3 – Дані з розрахунками кількості теплоти по місяцям

t, год	Q ₀ , МВт	C	t/4380	cos((t/4380) * π)	C * cos((t/4380) * π)	D	t/2190	cos((t/2190) * π)	D * cos((t/2190) * π)	Q, МВт
0	1,95	1	0,0	1,00	1,00	0,4	0,00	1,00	0,40	3,35
744	1,95	1	0,2	0,86	0,86	0,4	0,34	0,48	0,19	3,00
1488	1,95	1	0,3	0,48	0,48	0,4	0,68	-0,53	-0,21	2,22
2232	1,95	1	0,5	-0,03	-0,03	0,4	1,02	-1,00	-0,40	1,52
2976	1,95	1	0,7	-0,53	-0,53	0,4	1,36	-0,43	-0,17	1,24
3720	1,95	1	0,8	-0,89	-0,89	0,4	1,70	0,58	0,23	1,29
4464	1,95	1	1,0	-1,00	-1,00	0,4	2,04	0,99	0,40	1,35
5208	1,95	1	1,2	-0,83	-0,83	0,4	2,38	0,37	0,15	1,27
5952	1,95	1	1,4	-0,43	-0,43	0,4	2,72	-0,63	-0,25	1,27
6696	1,95	1	1,5	0,09	0,09	0,4	3,06	-0,98	-0,39	1,65
7440	1,95	1	1,7	0,58	0,58	0,4	3,40	-0,32	-0,13	2,41
8184	1,95	1	1,9	0,92	0,92	0,4	3,74	0,68	0,27	3,14
8928	1,95	1	2,0	1,00	1,00	0,4	4,00	1,00	0,40	3,35

З таблиці 3.2 знайдемо максимальне та мінімальне значення кількості теплоти протягом року:

$Q_{\max} = 3,35 \text{ МВт}$

$Q_{\min} = 1,27 \text{ МВт}$

Для покращення сприйняття та розуміння побудуємо графік на рис.3.3.

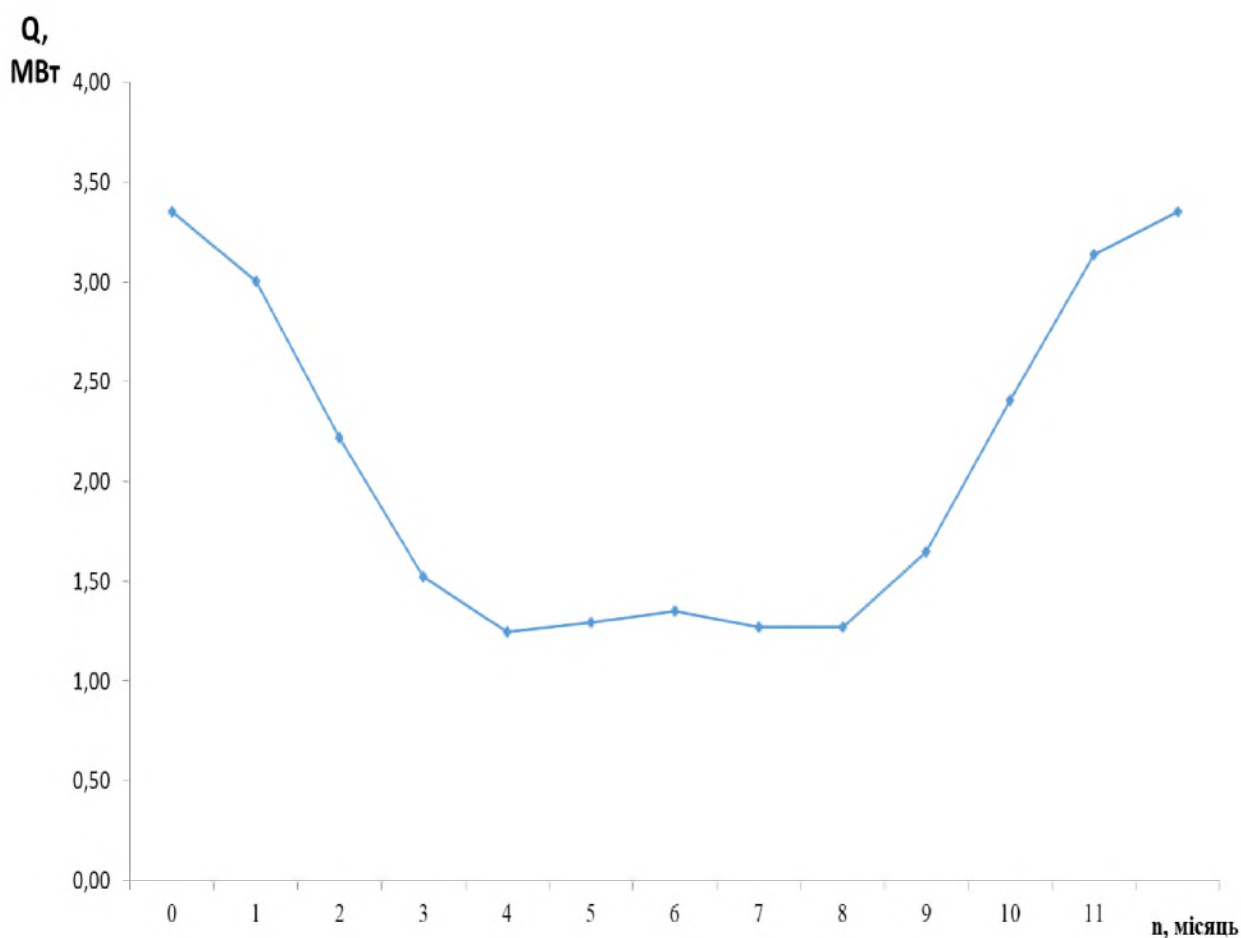


Рисунок 3.4 – Характеристика зміни кількості теплоти протягом року для котельні №2

Проведемо аналіз, з рисунка добре спостерігається, що з скінченням сезону опалення, а саме при наближенні до третього місяця витрати теплоти зменшуються, а коли опалювальний сезон закінчується вони сягають майже 1,2 МВт, та спостерігаємо деяке використання природних ресурсів на гаряче

водопостачання в розмірі від 1,2 до 2 МВт, протягом квітня- травня та липня – вересня. Протягом усього року витати кількості тепла знайдемо , як

$$Q_{cp} = 1,13 \text{ МВт}$$

$$Q_r = 9876,9274 \text{ МВт*годину}$$

3.3 Висновки по розділу 3

В покровській громаді в селище Шевченко опалювання відбувається за допомогою двох котельнь і розташованих в них котлів ДКВр та КГВС. Теплове навантаження в них ділиться в співвідношенні 0,75 та 0,25. А саме котельня с котлом Дквр, а саме котельня №1, має теплове навантаження 5,85 МВт. А котельня №2, с котлом КГВС має теплове навантаження 1,95 МВт.

Визначено для котельні №1, що витрата тепла на опалення мікрорайону при зниженні температури навколишнього середовища збільшується пропорційно зниженню температури, а це в свою чергу призводить до збільшення потреб в споживанні енергетичних ресурсів. Максимальне (13,3 МВт) та мінімальне (0,06 МВт) значення кількості теплоти протягом року.

Після проведеного аналізу, визначили, що зі скінченням сезону опалення, а саме при наближенні до третього місяця витрати теплоти зменшуються, а коли опалювальний сезон закінчується вони сягають майже 0 позначки, хоча спостерігаємо деяке використання природних ресурсів на гаряче водопостачання в розмірі від 0 до 2 МВт, протягом квітня- травня та липня – вересня, майже нульове значення в червні пояснюється тим, що котельня зупиняється на плановий поточний ремонт, перед стартом нового опалювального сезону. Протягом усього року витати кількості тепла знайдемо , як

Визначено для котельні №2, що витрата тепла на опалення мікрорайону при зниженні температури навколишнього середовища збільшується пропорційно зниженню температури, а це в свою чергу призводить до збільшення потреб в споживанні енергетичних ресурсів. Максимальне (3,35 МВт) та мінімальне (1,27 МВт) значення кількості теплоти протягом року.

Встановлено, що зі скінченням сезону опалення, а саме при наближенні до третього місяця витрати теплоти зменшуються, а коли опалювальний сезон закінчується вони сягають майже 1,2 МВт, та спостерігаємо деяке використання природних ресурсів на гаряче водопостачання в розмірі від 1,2 до 2 МВт, протягом квітня- травня та липня – вересня. Протягом усього року середні витрати кількості тепла знаходимо, як $Q_{\text{ср}}=1,13 \text{ МВт}$.

ВИСНОВОК

В випускній кваліфікаційній роботі на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю (144) «Теплоенергетика» було проведено теоретичний огляд сучасних систем опалення.

Сучасні системи центрального опалення з котлами складаються з котла, буферного накопичувача та сонячних теплових колекторів. Звичайні стратегії керування цими системами опалення не координують використання всіх компонентів. Це може призвести до неоптимальної роботи всієї системи опалення, що призведе до втрати ефективності та збільшення викидів забруднюючих речовин. Цей внесок представляє стратегію управління, яка враховує всі компоненти системи опалення, включаючи користувача, і прогнозує вихід сонячної енергії та потребу в теплі. Він визначає та виконує оптимальну стратегію роботи, яка покращує корисність користувача та максимізує ефективність системи опалення, а також забезпечує чисте та ефективне згоряння. Стратегія керування безперервно вивчає поведінку користувача та інструктує користувача, коли потрібно заправляти котел і скільки палива використовувати.

Рекомендується втілювати нову стратегію контролю за допомогою тестових запусків, виконаних на опалювальній котельній, що складається з доступного котла на газу номінальною потужністю, двох буферних накопичувачів та нагрівального пристрою з тепловою потужністю, необхідною для опалення. Тому що в результаті аналізу роботи системи було виявлено, що викиди СО були зменшені на основній фазі згоряння палива. Таким чином, застосування цієї стратегії керування призвело до значного покращення корисності користувача та ефективності системи опалення.

Селище Шевченко розташовано в південній частині міста Покровська, та прилягає до покровської територіальної громади. Температура води в

системі опалення району селища Шевченко коливається в межах від 130 °С в напрямку при подачі води, а коли повертається 70°С. В покровській громаді в селище Шевченко опалювання відбувається за допомогою двох котельнь і розташованих в них котлів ДКВр та КГВС. Теплове навантаження в них ділиться в співвідношенні 0,75 та 0,25. А саме котельня с котлом Дквр, а саме котельня №1, має теплове навантаження 5,85 МВт. А котельня №2, с котлом КГВС має теплове навантаження 1,95 МВт.

Можна зробити висновок, що зі зростанням температури навколишнього середовища відбуваються зниження температури в падаючому та зворотному напрямках руху рідини. При чому теплове навантаження при температурі навколишнього середовища +8°С становить 15 %, а при -23 °С становить 100%.

Теплове навантаження в мережі опалення зі зниженням температури зростає, якщо провести математичне моделювання то бачимо що воно змінюється по лінійному закону.

Визначено, що більша частина витрати води приходить на приватний сектор, зош, дитячий садочок протягом опалювального періоду. Проаналізовано, що знижується витрата води при зміні температури навколишнього середовища, коли змінюється температура в падаючому та зворотному трубопроводах.

Визначено для котельні №1, що витрата тепла на опалення мікрорайону при зниженні температури навколишнього середовища збільшується пропорційно зниженню температури, а це в свою чергу призводить до збільшення потреб в споживанні енергетичних ресурсів. Максимальне (13,3 МВт) та мінімальне (0,06 МВт) значення кількості теплоти протягом року.

Після проведеного аналізу, визначили, що зі скінченням сезону опалення, а саме при наближенні до третього місяця витрати теплоти зменшуються, а коли опалювальний сезон закінчується вони сягають майже 0 позначки, хоча спостерігаємо деяке використання природних ресурсів на гаряче

водопостачання в розмірі від 0 до 2 МВт, протягом квітня- травня та липня – вересня, майже нульове значення в червні пояснюється тим, що котельня зупиняється на плановий поточний ремонт, перед стартом нового опалювального сезону. Протягом усього року витати кількості тепла знайдемо , як

Визначено для котельні №2, що витрата тепла на опалення мікрорайону при зниженні температури навколишнього середовища збільшується пропорційно зниженню температури, а це в свою чергу призводить до збільшення потреб в споживанні енергетичних ресурсів. Максимальне (3,35 МВт) та мінімальне (1,27 МВт) значення кількості теплоти протягом року.

Встановлено, що зі скінченням сезону опалення, а саме при наближенні до третього місяця витрати теплоти зменшуються, а коли опалювальний сезон закінчується вони сягають майже 1,2 МВт, та спостерігаємо деяке використання природних ресурсів на гаряче водопостачання в розмірі від 1,2 до 2 МВт, протягом квітня- травня та липня – вересня. Протягом усього року середні витати кількості тепла знаходимо, як $Q_{ср}=1,13$ МВт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. P. Schuetz, A. Melillo, F. Businger, R. Durrer, S. Frehner, D. Gwerder, J. Worlitschek, Automated modelling of residential buildings and heating systems based on smart grid monitoring data, *Energy and Buildings*, Volume 229, 2020, 110453, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110453>.
2. Wei Zhong, Jiaying Chen, Yi Zhou, Zhongbo Li, Zitao Yu, Xiaojie Lin, Investigation of optimized network splitting of large-scale urban centralized heating system operation, *Energy Reports*, Volume 6, 2020, Pages 467-477, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.02.012>.
3. Xing Xie, Fei Xia, Yu-qian Zhao, Bin Xu, Yang-liang Wang, Gang Pei, Parametric study on the effect of radiant heating system on indoor thermal comfort with/without external thermal disturbance, *Energy*, Volume 249, 2022, 123708, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123708>.
4. Jouni Räihä, Enni Ruokamo, Determinants of supplementary heating system choices and adoption consideration in Finland, *Energy and Buildings*, Volume 251, 2021, 111366, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111366>.
5. Ю. Чжоу , В. Ху , Ю. Мін , Ю. Дай Інтегроване розподіл електроенергії та тепла з урахуванням наявного резерву теплових та енергоблоків *IEEE Trans Sustain Energy* , 10 (3) (2019) , с . 1300-1310
6. Сю Ван , З. Бі , Ф. Лю , Ю Коу , Л. Цзян Дворівневе планування для інтегрованих систем електроенергії та природного газу з вітряною енергією та зберіганням природного газу *Int J Electr Power Energy Syst* , 118 (2020) , с. 105738 , [10.1016/j.ijepes.2019.105738](https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.105738)
7. X. Xu , Q. Lyu , M. Qadrdan , J. Wu Кількісна оцінка гнучкості системи централізованого тепlopостачання для електромережі *IEEE Trans Sustain Energy* , 11 (4) (2020) , с . 2617-2630
8. Wei Liao, Yimo Luo, Jinqing Peng, Dengjia Wang, Chenzhang Yuan,

- Rongxin Yin, Nianping Li, Experimental study on energy consumption and thermal environment of radiant ceiling heating system for different types of rooms, Energy, Volume 244, Part A, 2022, 122555, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122555>.
9. Wei Liao, Caifeng Wen, Yimo Luo, Jinqing Peng, Nianping Li, Influence of different building transparent envelopes on energy consumption and thermal environment of radiant ceiling heating and cooling systems, Energy and Buildings, Volume 255, 2022, 111702, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111702>.
 10. Zhikai Liu, Huan Zhang, Yaran Wang, Zixu Song, Shijun You, Yan Jiang, Zhangxiang Wu, A thermal-hydraulic coupled simulation approach for the temperature and flow rate control strategy evaluation of the multi-room radiator heating system, Energy, Volume 246, 2022, 123347, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123347>.
 11. Christopher Zemann, Markus Deutsch, Sandra Zlabinger, Georg Hofmeister, Markus Gölles, Martin Horn, Optimal operation of residential heating systems with logwood boiler, buffer storage and solar thermal collector, Biomass and Bioenergy, Volume 140, 2020, 105622, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105622>.
 12. Схеми підключення ГВС до теплових мереж, <https://santechnik.org.ua/stati/vodoprovod/podkluchenie-gvs-k-teploseti>
 13. Теплоснабжение района города : учеб. пособие /А.К. Тихомиров. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. - 135 с.
 14. Н. Е. Гарнагина, Н. Г. Занько, Н. Ю. Золотарева Безопасность и охрана труда.: СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2000. 279 с.

ДОДАТОК А. ОХОРОНА ПРАЦІ

Теплопостачання в зимовий період повинно відповідати нормам та вимогам безпеки систем опалення. Підготовку до експлуатації котельнь починається з підготовки їх до опалення в літній період, їх ремонтом займаються спеціально навчені працівники. Трубопроводи теплових мереж необхідно утеплювати, щоб уникнути втрат теплоти, для цього використовують негорючі, вибухонебезпечні теплоізоляційні матеріали.

У приміщення призначених для водяного опалення не повинно бути речовин, які при контакті з водою у випадку аварії займаються, вибухають або виділяють отруйні речовиною.

Котли які працюють не можна залишати без нагляду або керувати за їх роботою з пункту керування.

Не дозволяється залишати без нагляду кваліфікованого персоналу котли, які працюють. Виняток становлять котли, контроль та управління якими здійснюється з диспетчерського пульта.

В окремо розташованих котельних допускається встановлення закритих витратних баків для рідкого палива об'ємом не більше ніж 5 м³ (для мазуту) або 1 м³ (для легкого нафтового палива).

В приміщеннях котельних забороняється:

- проводити роботи, не пов'язані з технічним обслуговуванням і наглядом за обладнанням котельної;
- допускати до цих приміщень сторонніх осіб і доручати їм обслуговування котлів;
- сушити на котлах спецодяг, взуття, інші горючі матеріали;
- допускати підтікання рідкого палива або витікання газу із системи подавання палива;

- користуватись вогнем для виявлення витікання газу від газопроводів;
- користуватись несправними газовими пальниками та пристроями;
- подавати паливо при несправній системі подавання палива, погашених форсунках або газових пальниках;
- користуватись витратними баками, які не мають пристроїв для відведення палива в аварійну ємність (тобто безпечне місце) в разі пожежі;
- палити в топці при несправних приладах автоматичного регулювання, сигналізації та захисту обладнання;
- застосовувати відкритий вогонь або курити в приміщеннях, де встановлена ємність з паливом;
- використовувати як паливо відходи нафтопродуктів та інші легкозаймисті горючі рідини, не передбачені технічними умовами на експлуатацію котельного обладнання;
- застосовувати трубопроводи подавання палива з горючих матеріалів.

При експлуатації калориферів слід:

- постійно тримати у справному стані контрольно-вимірювальні прилади;
- зашпарувати негорючими матеріалами виявлені шпарини між калориферами та будинковими конструкціями камер;
- забезпечити відстань між калориферами та конструкціями з горючих матеріалів не менше ніж 1,5 м за наявності вогневого або електричного підігрівання і не менше ніж 0,1 м коли теплоносіями є вода або пара;
- стежити за тим, щоб транзитні канали, якими подається нагріте в калорифері повітря, не мали отворів, крім призначених для подавання повітря в приміщення;

- систематично очищати калорифери від забруднення пневматичним або гідравлічним способом.

ДОДАТОК Б. ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРОЛЕРА ДО
РОБОТИ

Перелік зауважень нормо контролера до роботи

Позначення документа	документ	Умовне позначення	Зміст зауваження

Дата _____

підпис(ПІБ)_____