

Міністерство освіти і науки України  
 Вінницький національний технічний університет  
 Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 Завідувач кафедри ІСБ  
 к.т.н., проф.  
 Коц І. В.  
 “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 року

**КОМБІНОВАНА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТА-  
 ЧАННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ІЗ СОНЯЧ-  
 НИМИ КОЛЕКТОРАМИ**

Пояснювальна записка  
 до магістерської кваліфікаційної роботи  
 магістранта 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
 08-12.МКР.006.00.000 ПЗ

Керівник к.т.н., професор Ратушняк Г.С.  
*(науковий ступінь, вчене звання,  
 ініціали та прізвище)*

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.  
*(підпис)*

Розробив студент гр. ТГ-18м

\_\_\_\_\_ Опарін М.С.  
*(підпис, ініціали та прізвище)*

Офіційний рецензент \_\_\_\_\_  
*(науковий ступінь, вчене звання, кафедра)*

\_\_\_\_\_ *(підпис, ініціали та прізвище)*  
 « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Вінниця – 2019 рік

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ .....	11
1.1 Наукова та практична реалізація відомих систем теплопостачання.....	11
1.1.1 Питання енергоефективності за кордоном та в Україні.....	13
1.1.2 Особливості забезпечення мікроклімату житлових будинків.....	14
1.2 Акумулявання теплової енергії.....	16
1.3 Техніко-економічне обґрунтування.....	19
1.3.1 Характеристика об'єкту та економічна доцільність впровадження автономних систем теплозабезпечення .....	19
1.3.2 Основні технологічні та будівельні рішення .....	20
1.3.3 Визначення найбільш доцільного варіанту системи теплопостачання...	23
Висновок до розділу 1 .....	26
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ПРОЕКТНЕ РІШЕННЯ ПРИЙНЯТОГО ВАРІАНТА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ .....	27
2.1 Узагальнена модель тепломасообмінних процесів, прийняття припущень, розрахункова схема .....	27
2.2 Моделювання та проектні розрахунки теплотехнічних параметрів комбінованої системи опалення.....	27
2.2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін.....	30
2.2.2 Теплотехнічний розрахунок вікон .....	31
2.2.3 Теплотехнічний розрахунок перекриття над неопалювальним підвалом .....	32
2.2.4 Теплотехнічний розрахунок горищного перекриття.....	34
2.2.5 Розрахунок теплових втрат приміщень .....	36
2.3 Моделювання гідравлічних режимів системи опалення та визначення їх основних параметрів і характеристик .....	38
2.3.1 Конструювання системи опалення.....	38

2.3.2 Вибір опалювальних приладів .....	39
2.3.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів конвективного опалення .....	39
2.4 Обґрунтування та вибір обладнання по забезпеченню нормативних характеристик системи опалення.....	40
2.5 Обґрунтування та вибір обладнання по забезпеченню нормативних характеристик системи гарячого водопостачання .....	43
2.5.1 Конструювання системи гарячого водопостачання .....	43
2.5.2 Визначення розрахункових витрат гарячої води та теплоти системи гарячого водопостачання.....	44
2.5.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи гарячого водопостачання.....	46
2.5.4 Розрахунок втрат теплоти трубопроводами системи гарячого водопостачання.....	50
2.6 Обґрунтування та вибір обладнання по забезпеченню нормативних характеристик системи гарячого водопостачання .....	54
2.7 Обґрунтування та вибір обладнання для системи сонячних колекторів.....	55
2.7.1 Розрахунок оптимального кута нахилу сонячного колектора .....	60
2.8 Моделювання та оцінка надійності комбінованої енергоефективної системи теплопостачання .....	67
2.8.1 Моделювання інтелектуальної підтримки оцінювання експлуатаційної надійності системи .....	67
Висновки до розділу 2.....	80
<b>3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ .....</b>	<b>82</b>
3.1 Аналіз конструктивних особливостей системи прийнятої до монтажу .....	82
3.2 Розрахунок трудомісткості виконуваних робіт, підбір робітників, розроблення календарного плану та графіків виконуваних заготівельних і будівельно-монтажних робіт.....	84
3.3 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів пристосувань і конструкцій.....	91

3.3.1 Монтаж опалювальних приладів.....	91
3.3.2 Монтаж магістральних трубопроводів .....	92
3.3.3 Монтаж стояків і розподільчих трубопроводів .....	92
3.3.4 Монтаж котла .....	93
3.3.5 Підбір машин, механізмів, пристосувань .....	94
3.5 Визначення складу бригад та монтажних інструментів.....	102
3.6 Розрахунок кількості витратних матеріалів та електроенергії на монтаж .....	103
3.7 Монтажене регулювання та здача систем в експлуатацію .....	108
Висновок до розділу 3 .....	112
<b>4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....</b>	<b>113</b>
4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта.....	114
4.1.1 Електробезпека.....	115
4.1.2 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць .....	116
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	117
4.2.1 Мікроклімат .....	117
4.2.2 Склад повітря робочої зони .....	118
4.2.3 Освітлення робочої зони .....	119
4.2.4 Виробничий шум.....	122
4.2.5 Виробничі вібрації .....	122
4.3 Розрахунок наслідків вибуху газоповітряної суміші в разі виникнення умовної аварії .....	123
Висновок до розділу 4 .....	128
<b>5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....</b>	<b>129</b>
5.1 Розрахунок капітальних витрат.....	129
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	131
5.2.1 Амортизаційні відрахування.....	131
5.2.2 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....	132
5.2.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії .....	132
5.3 Визначення терміну окупності проекту .....	133

Висновок до розділу 5.....	135
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	136
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	138
Додатки.....	136
Графічна частина.....	168

## ВСТУП

В даній роботі розробляється проектний варіант комбінованої енергоефективної системи теплопостачання багатоповерхового житлового будинку із використанням сонячних колекторів.

**Актуальність теми.** За сучасних умов збільшення дефіциту та зростання цін на паливно-енергетичні ресурси, посиленню норм по забезпечення екологічності різних технологічних процесів і охорони довкілля, збільшенню потреб людини в тепловій енергії для покращення побутових і соціальних умов життя проблема енергозбереження в Україні для житлово-комунального сектору та для економіки в цілому стає дуже актуальною. Станом на сьогодні проблема енергозбереження може бути вирішена як за рахунок зменшення теплових втрат, так і шляхом впровадження сучасної техніки вироблення, розподілу, регулювання та споживання теплової енергії.

Одним із сучасних видів ефективної техніки нетрадиційної енергетики є сонячні колектори (СК), завдяки їх можливості використовувати поновлювану та нетрадиційну енергію, а саме – енергію сонця. Тому щоб забезпечити належний комфорт мешканців житлового будинку в наш час доцільно впроваджувати системи індивідуального теплозабезпечення із використанням СК.

**Мета і задачі роботи.** За результатами дослідження необхідно обґрунтувати запропоновані проектні рішення по забезпеченню нормативних параметрів мікроклімату в приміщенні; економії енергоресурсів за рахунок використання сонячної енергії.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

–провести аналіз існуючих теоретичних даних, а також методів розрахунку систем теплопостачання із геліопанелями, обґрунтувати доцільність застосування геліопанелей як джерела теплової енергії;

–виконати проектування енергоефективної системи із забезпеченню мікроклімату в будівлі;

–розглянути організаційно-технологічне рішення із забезпечення реалізації запропонованих проектних пропозицій;

–визначити техніко-економічні показники, а саме величину капіталовкладень та економічного ефекту.

**Об’єкт дослідження:** комбінована система теплопостачання багато-поверхового житлового будинку із використанням сонячної енергії.

**Предмет дослідження:** процес здійснення передачі теплової енергії від сонячних колекторів до системи теплопостачання будинку.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

Набуло подальшого розвитку визначення кута нахилу сонячного для різних режимів роботи з метою отримання максимальної кількості теплової енергії від Сонця.

**Методами дослідження** є дедукція, порівняння та аналіз.

**Апробація:** доповідь на XLVIII науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області.

**Публікації:**

1. «Залежність продуктивності плоского сонячного колектора від його кута нахилу».
2. «Енергоефективність в комбінованій системі теплопостачання житлового будинку».

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

## 1.1 Наукова та практична реалізація відомих систем теплопостачання

Аналізуючи негативні тенденції, які сформувалися на початку 2000-х років в екології та енергетиці, що базується на традиційних джерелах енергії, перехід на відновлювальні та альтернативні джерела енергії в даний час вже не має альтернативи. Тому в багатьох країнах по всьому світі в державних енергетичних програмах передбачено конкретні цілі у сферах виготовлення та споживання енергії із поновлюваних та альтернативних джерел, їх розвиток стимулюється. За попередні роки спостерігається істотне збільшення інвестицій у відновлювану енергетику.

За оцінками експертів, економія енергії протягом року зумовлена використанням сонячної енергії у центральній Європі може становити від 250 до 300 кВт·год для одного квадратного метра площі сонячного колектора. Вартість сонячних колекторів, які мають високу ефективність, що рівняється світовому технічному рівню, становить від 200 до 400 дол. США за один квадратний метр поверхні та постійно знижується за рахунок зростання попиту та збільшення обсягів виробництва.

Сучасні сонячні колектори, які відповідають середньому світовому рівню, коштують у 2–3 рази дешевше, ніж 10–12 років тому і мають продуктивність у 2–2,5 рази більшу. Тому постійно збільшуються обсяги впровадження подібних систем по використанню теплової енергії Сонця.

Загальна кількість змонтованих колекторів у світі в 2017 році становила близько 60 млн м<sup>2</sup>, і щороку ці показники зростають в середньому на 20%. Станом на 2017 рік найбільш поширені сонячні системи теплопостачання у США (18 млн м<sup>2</sup>), Японії (11 млн м<sup>2</sup>), Китаї (10 млн м<sup>2</sup>), Німеччині та Греції (по 2,5 млн м<sup>2</sup>)[1].

У багатьох державних енергетичних програмах країн наведених вище і багатьох інших передбачено подальше прискорення зростання обсягів застосування теплової енергії із альтернативних джерел.



Сонячна енергетика в Україні має достатньо великий досвід використання, нормативну базу для проектування і масового виробництва геліотехнічного обладнання. В країні збудовано і функціонує декілька десятків експериментальних і типових систем сонячного теплопостачання.

Досвід експлуатації таких систем теплопостачання засвідчує таке:

- у системах гарячого водопостачання може заміщуватися від 75 до 100 % літньої та від 40 до 60 % річної потреби в паливі (залежно від району розміщення);
- у системах опалення може заміщуватися від 20 до 50 % потреб в паливі.

Попри все загальні обсяги використання геліосистем в Україні залишаються набагато меншими, ніж у країнах, які почали їх упроваджувати значно раніше. Станом на 2015 рік загальна площа встановлення сонячних колекторів становила лише 15 тис. м<sup>2</sup>. Тому згідно з новою Державною програмою енергозабезпечення України на період до 2030 року передбачається значне прискорене спорудження сонячних колекторів загальною площею до 10 млн м<sup>2</sup>, що дасть економію 1,5 млн т умовного палива[1].

Система сонячного теплопостачання і, зокрема, опалення ефективно працює у поєднанні із засобами покращення теплової ізоляції будівель, утилізацією теплових викидів і зниженням енерговитрат. Існує багато рекомендацій архітектурно-конструктивних рішень за системами пасивного сонячного опалення ( а саме орієнтація вікон переважно на південь, селективне покриття віконного скла тепловідштовхувальним покриттям, внутрішнє оформлення будівлі із теплоакуючих матеріалів і т. п.[1]), які дають змогу малозатратними засобами зменшити витрати на опалення до 20 %. Взагалі так звана „сонячна енергетика” є окремою складовою процесу впровадження сонячного теплопостачання.

Сучасні сонячні колектори є досить ефективними в роботі, а їх коефіцієнт корисної дії може досягати 85%, що є дуже важливо. Систему альтернативного опалення із сонячних колекторів легко інтегрувати в уже існуючу класичну систему опалення. А Їх монтаж не викликає особливих труднощів.

У кліматомереологічних умовах України для сонячного теплопостачання найбільш ефективним варіантом є використання плоских сонячних колекторів, що поглинають як пряму, так і розсіяну сонячну радіацію.

Принцип дії сонячного колектора полягає в тому, що випромінювання Сонця світло проходить через скління і потрапляє на поглинаючу пластину, яка нагрівається, перетворюючи сонячну радіацію в теплову енергію. Це тепло передається теплоносію - воді або антифризу, циркулюючому через сонячний колектор. Теплоносії нагрівається і потім віддає теплову енергію через теплообмінник воді в акумулюючому баці[2].

До негативних сторін сонячних колекторів, як альтернативних джерел тепла, можна віднести їхню високу вартість. За оцінками фахівців сонячні колектори починають окупати себе після 7-8 років експлуатації. Крім того, ефективність такого альтернативного опалення суттєво залежить від пори року й кількості сонячних днів у році. Геліосистеми потребують регулярного технічного обслуговування.

### **1.1.1 Питання енергоефективності за кордоном та в Україні**

У державній економічній політиці в Україні до останнім часом більша увага наголошувалася на поняття «енергозбереження», тоді як у європейських та інших розвинених країнах оперують поняттям дещо іншого і більш комплексного виміру – «енергоефективність», яке розглядається в єдиній системі координат з екологічністю та конкурентоспроможністю.

Конкретними орієнтирами ЄС у сфері енергетики стали завдання зниження енергопостачання на 13 % до 2020 р., доведення частки поновлювальних джерел енергії до 20 %, зменшення викидів вуглецю на 20 %. У січні 2007 р. прийнято інтегрований пакет дій, покликаних реформувати енергетичний сектор і формувати єдину енергетичну політику. Головними завданнями визначеними новим документом стали розвиток інфраструктури, зменшення зовнішньої уразливості країн Європейського Союзу, боротьба з негативними змінами клімату [3].

На сьогодні проблема підвищення ефективності функціонування енергетичної структури нашої держави вимагає комплексної модернізації всіх її складових. Підвищення енергетичної ефективності енергетичної інфраструктури може здійснюватися як за окремими технологіями (технологічна модернізація), пооб'єктно (об'єктна модернізація), так і системи в цілому (системна модернізація). Пошук оптимальної конфігурації можливостей за існуючих економічних, екологічних та соціальних обмежень в енергетичній політиці є складною проблемою і викликом для сучасної цивілізації [3].

### **1.1.2 Особливості забезпечення мікроклімату житлових будинків**

Вибір типу системи, основних елементів та подальше проектування систем опалення вентиляції та кондиціонування для житлових споруд в першу чергу залежить від конкретного призначення даного об'єкта [4].

Вбудовані в житлові будинки приміщення громадського призначення повинні обладнуватися системами опалення і вентиляції відповідно до норм проектування цих приміщень.

Розрахункові температури повітря і вимоги до повітрообміну в приміщеннях слід приймати згідно з таблицею [4, с.21]:

Житлові будинки повинні підключатися до систем централізованого теплопостачання через індивідуальний тепловий пункт (ІТП), обладнаний приладами обліку теплоспоживання та автоматизованими вузлами приготування теплоносіїв систем опалення та гарячого водопостачання. Вбудовані у житлові будинки нежитлові приміщення повинні обладнуватися окремими від житлової частини будинку системами або відгалуженнями систем зі своїми приладами обліку теплоспоживання, що розташовуються в загальному приміщенні ІТП. За завданням на проектування допускається за погодженням з теплопостачальною організацією розміщувати прилади обліку теплоспоживання вбудованих приміщень за межами ІТП. Допускається забезпечувати теплопостачання вбудованих нежитлових

приміщень, які розташовуються у габаритах однієї або двох квартир, від загально-будинкових систем теплоспоживання [4].

У разі неможливості приєднання житлового будинку до централізованого теплопостачання, а також в інших випадках за відповідного технічного та економічного обґрунтування і за наявності необхідних дозволів до складу проекту житлового будинку повинна входити місцева котельня [4].

При проектуванні житла допускається згідно із завданням на проектування за відповідного технічного та економічного обґрунтування і за наявності дозволу електропостачальної організації застосовувати системи опалення з перетворенням електричної енергії в теплову, у тому числі передбачені ДБН В.2.5-24. Допускається теплопостачання житлових будинків з використанням поновлюваних джерел енергії [4].

При централізованому теплопостачанні, а також при теплопостачанні від дахових, вбудованих та прибудованих котельних установок слід проектувати квартирну систему опалення з приладом обліку теплоспоживання, встановленим на квартирному вводі, який повинен розташовуватися в доступному місці поза квартирою. Квартирний вузол обліку слід проектувати з арматурою, що допускає демонтаж витратомірної ділянки без випорожнення системи [4].

Підводки до опалювальних приладів однотрубних і двотрубних систем опалення повинні проектуватися з автоматичними регуляторами температури повітря в приміщенні. Автоматичні терморегулятори не встановлюють [4]:

а) у допоміжних приміщеннях, а також в приміщеннях, де є небезпечність замерзання теплоносія (сходових клітках, вестибюлях тощо);

б) у приміщеннях з кондиціонуванням повітря, у яких температура протягом року автоматично підтримується регуляторами кондиціонерів або електричних доводчиків;

в) у приміщенні, в якому встановлено три і більше опалювальні прилади, підключені до окремого відгалуження системи опалення, оснащеного груповим регулятором з виносним датчиком температури при забезпеченні рівномірності нагрівання повітря у приміщенні.

У перерахованих випадках замість автоматичних регуляторів у двотрубних системах повинен встановлюватися ручний клапан з можливістю гідравлічного налаштування, а в однотрубних системах – повнопрохідний кульовий кран. У приміщеннях, де є небезпека замерзання теплоносія, арматуру перед радіатором встановлювати не слід [4].

В однотрубних системах опалення вузли приєднання всіх опалювальних приладів (крім тих, які встановлюються на сходовій клітці) повинні мати замикаючі або обхідні ділянки. У цих вузлах повинні встановлюватися автоматичні терморегулятори із високою пропускнуою спроможністю.

Магістральні трубопроводи та вимикаючі пристрої систем опалення, тепло- і холодопостачання калориферів та кондиціонерів повинні прокладатися за межами квартир у приміщеннях, доступних для персоналу експлуатаційних служб.

Теплопроводи, що прокладаються за межами квартир, а також ті, що прокладаються приховано, мають проектуватися з тепловою ізоляцією. Покривний шар теплоізоляційної конструкції трубопроводів холодопостачання повинен бути паронепроникним.

Трубопроводи систем опалення в межах опалюваних приміщень повинні прокладатися відкрито (крім трубопроводів із полімерних матеріалів) або за знімним декоративним кожухом. За завданням на проектування допускається приховане у будівельних конструкціях прокладання трубопроводів (без розбірних з'єднань) із труб з розрахунковим строком служби 40 і більше років[6].

## **1.2 Акумуляування теплової енергії**

Надходження теплової енергії від Сонця змінюється протягом доби. Потреби в енергії також змінюються в часі, але ці коливання не співпадають між собою. Тому якщо ці потреби необхідно забезпечити за рахунок використання сонячної енергії, то виникає питання акумуляування тепла чи іншого продукту, отриманого в процесі перетворення сонячної енергії .

Вибір робочого тіла для системи акумулювання залежить від характеру процесу. При нагріві води звертають увагу на акумулювання енергії, пов'язане з теплоємністю води, що акумулюється. Якщо в колекторах відбувається нагрів повітря, то акумулювання доцільно здійснювати шляхом локального накопичування тепла в окремих акумулюючих одиницях подібно тому, як це робиться в гравійних теплообмінниках.

Основні характеристики системи теплового акумулювання енергії наступні [5]:

- 1) ємність на одиницю об'єм чи маси;
- 2) робочий інтервал температур, тобто температури теплоносія на вході та виході із системи;
- 3) способи передачі та відбору тепла і відповідні перепади температур;
- 4) розшарування температурного поля в акумуляторі (температурна стратифікація);
- 5) потужність, необхідна для прокачування теплоносія;
- 6) кількість контейнерів, ємностей чи інших конструктивних елементів, пов'язаних з системою моделювання;
- 7) способи регулювання теплових втрат акумулятора;
- 8) вартість.

### **Водяний бак-акумулятор**

Вода є дешевим, легкодоступним та доволі зручним в практичному відношенні речовиною, здатною акумулювати навіть невеликі об'єми тепла. В такому акумуляторі енергія вводиться та виводиться шляхом переносу акумулюючого середовища, що виключає всі перепади температур між рідиною, яка переносить тепло та акумулюючим середовищем.

Енергетична акумулююча здатність водяного (чи взагалі рідинного) акумулятора, працюючого при кінцевій різниці температур, описується рівнянням теплоємності [7]:

$$Q_a = (m \cdot C_p)_a \cdot (T_1 - T_2), \quad (1.1)$$

При проектуванні комбінованої системи теплопостачання із використанням сонячних колекторів, виникають труднощі в узгодженні роботи усіх джерел енергії, а також отримання 100% ефективності від геліосистеми при максимальній економії коштів. З'являються також труднощі з тим, що геліосистема може бути максимально ефективною тільки в певний проміжок часу, коли навантаження на систему теплопостачання є мінімальним, тому постає завдання для накопичення теплової енергії в своєрідну буферну ємність (тепловий бак-акумулятор водяного опалення), який буде віддавати накопичену теплову енергію в проміжок часу пікових навантажень споживання. Принципову схему роботи такої системи наведено на рис.1.1

При використанні буферної ємності в комбінованій системі теплопостачання, вона забезпечить: [5]

- накопичення і акумуляцію теплової енергії, яка буде використовуватися для опалення приміщення;
- врегулювання температурних коливань між різними джерелами енергії, які підключені до системи;
- виконуватиме роль гідравлічного розподільника;
- приготування гарячої води для побутових потреб.

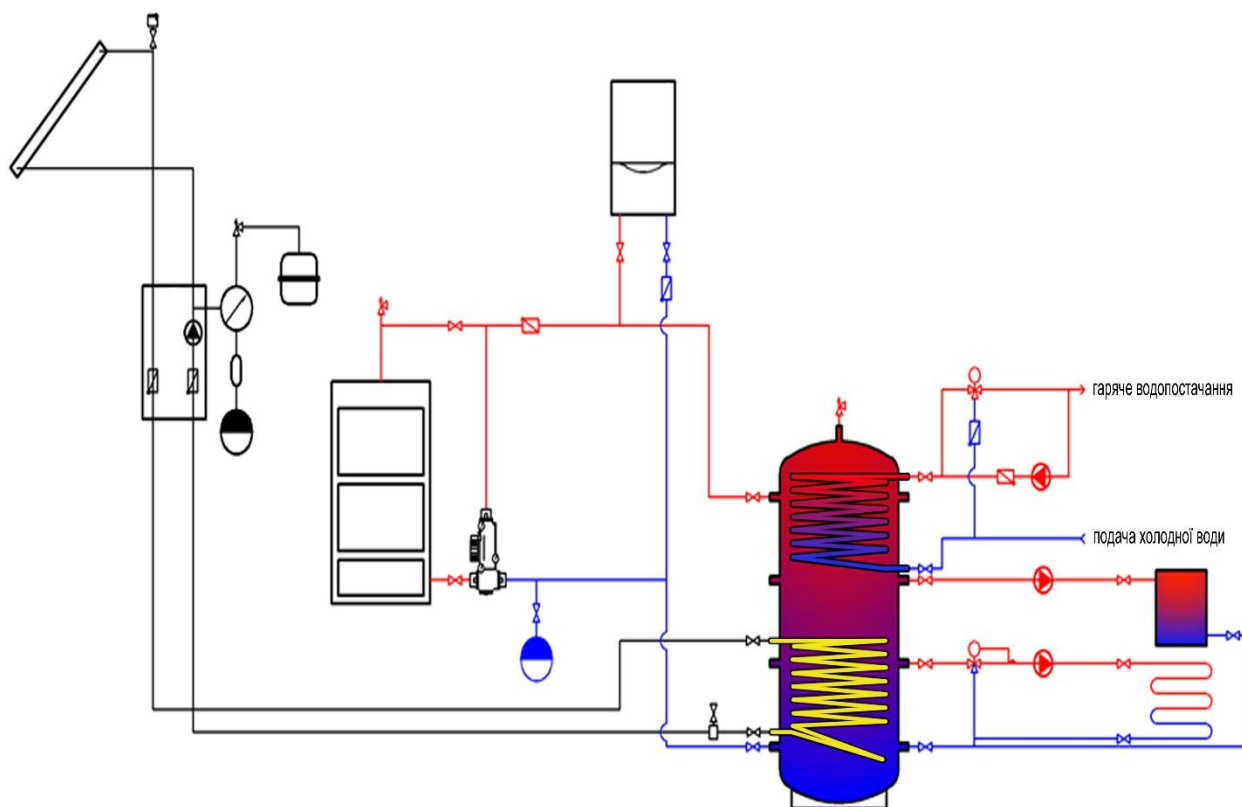


Рис. 1.1 – Принципова схема комбінованої системи теплопостачання із буферною ємністю

### 1.3 Техніко-економічне обґрунтування

#### 1.3.1 Характеристика об'єкту та економічна доцільність впровадження автономних систем теплозабезпечення

В роботі розробляється преткна пропозиція комбінованої системи забезпечення тепловою енергією житлового будинку в м. Вінниця.

Використання технології на основі відновлюваних джерел енергії дозволяє не тільки забезпечити споживачів необхідною енергією, а й знизити збиток, що наноситься паливною енергетикою довкіллю.

Будівля розміщена в південно-західній частині міста, в житловому районі та займає територію 11282,1 м<sup>2</sup> (корисна площа). Будівля складається з трьох секцій по 9 поверхів кожна і має висоту 30,5м з плоскою покрівлею. В будинку над 9-им поверхом розташований технічний поверх.



Вихідні дані для розроблення системи тепlopостачання:

- географічне розташування об'єкта;
- функціональне призначення об'єкта;
- плани поверхів та експлікація приміщень;
- розріз будинку, генплан об'єкта.

Для тепlopостачання кожної із секцій будинку обираємо два джерела енергії: дахова котельня та сонячні колектори встановлені на даху будинку. В якості джерела енергії для котла доцільним є використання природного газу. Використання сонячної енергії як єдиного джерела є неефективним для даного району будівництва через кліматичні умови[8]. Перевагами газових котлів є: доступність, високий ККД, простота конструкції та екологічність.

Для використання сонячної енергії обираємо плоскі сонячні колектори[21]. Їх переваги: надійність конструкції, економічна доцільність та довгий термін служби.

Оскільки плоскі сонячні колектори мають незначну продуктивність для нагріву теплоносія до високих температур ( $90/70^{\circ}\text{C}$ ), доцільним та енергоефективним буде встановлення низькотемпературної системи опалення із температурою теплоносія  $65/55^{\circ}\text{C}$ .

### **1.3.2 Основні технологічні та будівельні рішення**

Технологічні рішення диктуються умовами існуючого будинку та діючими нормативними технічними документами з пожежної безпеки, охорони праці і іншими особливими вимогами. Системи тепlopостачання житлового будинку проектується згідно державних стандартів[11].

Передбачається влаштування автономної системи опалення з використанням низькотемпературних конденсаційних котлів BAXI Power NT 1.280[13] та плоских сонячних колекторів Baxi SB25+ V[21].

Розведення теплоносія по квартирах виконується в горизонтально. Для забезпечення циркуляції прийнято два циркуляційних насоса марки Wilo з автоматичним електронним регулюванням діапазону роботи, що працюють поперемінно

для забезпечення розрахункової циркуляції води в системі. Вузол обв'язки насосів складається з двох запірних кранів з обох сторін насоса, а також сітчастого фільтра перед насосом за ходом руху води (аркуш 7). Насоси під'єднані паралельно, приєднання роз'ємне різьбове діаметром 65 мм.

Підживлення чистою водою системи опалення виконане через зворотний трубопровід. На ньому розташований підживлювальний насос марки Wilo[27] і відповідна запірна арматура, а також система хімічного водоочищення(аркуш 7).

У класичних системах опалення, в будинку, зазвичай, передбачається один вузол загального обліку теплової енергії, що надходить в систему. В даній проектній пропозиції облік теплової енергії виконується окремо для кожної квартири, що є більш доцільно з точки зору енергоефективності, економії коштів споживача та зручності в регулюванні так як кожний споживач зможе змінювати подачу тепла у своєму приміщенні та оплачувати тільки за використане тепло в даному приміщенні, а не платити за середнє загальнобудинкове споживання.

На кожному поверсі на сходовій клітці в спеціальній ніші проходять вертикальні стояки системи опалення, які з'єднані відгалуженнями із розподільчими гребінками. На гребінках розташовані наступні елементи: автоматичний регулятор тиску, термометр, автоматичний овітровідвідник, запірна арматура та теплові лічильники для кожної квартири (аркуш 7, вузол II).

Кріплення стояків та розподільчої гребінки здійснюється хомутами, які кріпляться до стін за допомогою дюбелів (аркуш 7).

Поквартирне розведення від розподільчої гребінки до радіаторів виконано з ізольованих багатошарових поліпропіленових трубопроводів марки «KAN-therm»[15], які прокладається в стяжці підлоги (аркуш 4).

Радіатори розміщені під світловими прорізами в кожній кімнаті. Підключення до радіаторів нижнє, діаметр підключення 16 мм. Радіатори прийнято біметалеві з мідно-алюмінієвим теплообмінником типу РН 5/60, марки Термія[16]. Радіаторна арматура складається з термостатичного вентиля з термостатичною головкою Данфосс на подавальному трубопроводі і запірного клапана Данфосс з попереднім налаштуванням на зворотному (аркуш 4, вузол I).

На кожному стояку розміщено регулятори перепаду тиску і балансувальні вентиля для вирівнювання гідравлічних режимів[24]. Для відключення окремих стояків системи опалення на технічному поверсі розміщені кульові запірні крани.

Перед насосною групою за ходом руху води встановлений розширювальний бак. Приєднання баку до трубопроводу різьбове, діаметр підключення 32 мм. Для заміни баку, або проведення гідравлічних випробувань на підвідному трубопроводі розширювального баку встановлено запірний кран, рукоятка якого знята.

Принципова тепломеханічна схема системи теплопостачання наведена на рисунку (аркуш 5, тепломеханічна схема дахової котельні). Система опалення представлена у вигляді замкненого двотрубного контура, по якому рухається теплоносій (вода з параметрами 55 – 65 °С). Перед потраплянням в опалювальний прилад (радіатор) теплоносій проходить через терморегулюючий вентиль, в якому відбувається місцеве регулювання теплоносія (кількісне). Вентиль має термостатичну головку, яка в залежності від температури повітря в кімнаті регулює подачу теплоносія в радіатор, зменшуючи чи збільшуючи цим його тепловіддачу. Потім теплоносій через зворотній трубопровід повертається в котельню, проходячи фільтрацію перед насосами.

Відбір теплової енергії від сонячних колекторів (СК) відбувається в баках-акумуляторах, які розташовані в підвалі будинку: теплоносій від СК по системі трубопроводів потрапляє, за допомогою циркуляційних насосів (аркуш 5), до бак-акумуляторів, проходить через вбудований в їх нижню частину теплообмінник та нагріває при цьому теплоносій системи теплопостачання. Нагрітий теплоносій потрапляє в систему через зворотній трубопровід котла і при необхідності нагрівається до робочої температури.

Конструктивною частиною системи гарячого водопостачання є розподільна магістраль на технічному поверсі, та стояка які проходять через приміщення санвузлів через всі поверхи будинку, виконані із сталевих труб (аркуш 4). На кожному відгалуженні по квартирах встановлені вузли обліку витрати води. Поквартирне розведення виконане з ізольованих багат шарових поліпропіленових трубопроводів марки «KAN-therm» [15]. Для уникнення охолодження води в

системі прокладаємо паралельно подавальному циркуляційний трубопровід. Трубопровід ізолюємо утеплювачем K-FLEX для уникнення конденсату та зменшення теплових втрат.

Нагрівання води для системи ГВП відбувається в теплообміннику марки Махі-Фло, який під'єднаний до подавального трубопровода котлів.

Організація по монтажних роботах може проводитись послідовним, паралельним або комплексним методами.

### **1.3.3 Визначення найбільш доцільного варіанту системи тепlopостачання**

Для порівняння вартості влаштування систем опалення було обрано два варіанти:

- на основі централізованої системи;
- на основі дахової котельні із сонячними колекторами.

#### **1.3.3.1 Величина капітальних вкладень на влаштування системи централізованого опалення**

1. Вартість 1 м труби для теплотраси у цінах 2019 року складає 470 грн[25].

Довжина теплотраси  $L = 2000$  м, тоді вартість усієї теплотраси:

$$470 \cdot 2000 = 940000 \text{ грн.}$$

2. Вартість проектних робіт приймаємо 15% від вартості влаштування теплотраси за даними Державного комітету України з будівництва, архітектури та житлової політики[19]:

$$940000 \cdot 0,15 = 141000 \text{ грн.}$$

3. Вартість монтажу приймаємо 30%:

$$940000 \cdot 0,30 = 282000 \text{ грн.}$$

4. Вартість пусконаладжувальних робіт приймаємо 5%:

$$940000 \cdot 0,05 = 47000 \text{ грн.}$$

5. Позабюджетні кошти приймаємо 1,2%:

$$940000 \cdot 0,012 = 11280 \text{ грн.}$$

6. Податок на додану вартість (ПДВ) приймаємо 20%:

$$940000 \cdot 0,20 = 188000 \text{ грн.}$$

$$K_1 = 1609280 \text{ грн.}$$

### **1.3.3.2 Величина капітальних вкладень на влаштування дахової котельні**

1. Вартість двох низькотемпературних конденсаційних газових котлів ВАХІ Power NT 1.280 становить 925400 грн[13].

2. Вартість проектних робіт приймаємо 15% від вартості обладнання котельної установки[19]:

$$925400 \cdot 0,15 = 138810 \text{ грн.}$$

3. Вартість монтажу приймаємо 30%:

$$925400 \cdot 0,30 = 277620 \text{ грн.}$$

4. Вартість пусконаладжувальних робіт приймаємо 5%:

$$925400 \cdot 0,05 = 46270 \text{ грн.}$$

5. Позабюджетні кошти приймаємо 1,2%:

$$925400 \cdot 0,012 = 11104 \text{ грн.}$$

6. Податок на додану вартість (ПДВ) приймаємо 20%:

$$925400 \cdot 0,20 = 185080 \text{ грн.}$$

$$K_2 = 1584284 \text{ грн.}$$

### **1.3.3.3 Розрахунок експлуатаційних витрат централізованої системи опалення**

1. Бюджет витрат при централізованому опаленні сплачується за тарифами “Вінницяміськтеплоенерго”[18].

Загальна площа, що опалюється водяною системою опалення складає  $8213\text{м}^2$ . Опалювальний період складає 182 доби (6 місяців)[8].

За  $1\text{ м}^2$  приміщення, що опалюється, споживач повинен сплатити 35,24 грн/міс[18].

$$8213 \cdot 35,24 \cdot 6 = 1736556 \text{ грн.}$$

1. Експлуатаційні витрати (30%) :

$$8213 \cdot 0,3 \cdot 12 = 29567 \text{ грн.}$$

2. Амортизаційні витрати (5%):

$$1609280 \cdot 0,05 = 80464 \text{ грн.}$$

$$C_1 = 1846587 \text{ грн.}$$

#### **1.3.3.4 Розрахунок експлуатаційних витрат на влаштування дахової котельні( $C_2$ )**

1. Витрати при опаленні даховою котельнею розраховуються за витратою газу протягом опалювального періоду. Вартість газу становить 7,03 грн/м<sup>3</sup>[18].

Максимальна витрата газу за опалювальний період - 76052 м<sup>3</sup>.

За газ споживач повинен сплатити:

$$76052 \cdot 7,03 = 534645 \text{ грн.}$$

2. Експлуатаційні витрати (30%):

$$8213 \cdot 0,3 \cdot 12 = 29567 \text{ грн.}$$

3. Амортизаційні витрати (0,05%):

$$1584284 \cdot 0,05 = 79214 \text{ грн.}$$

$$C_2 = 643426 \text{ грн.}$$

#### **1.3.3.5 Показники економічної ефективності проекту**

Визначаємо приведені витрати на влаштування системи централізованого водяного опалення та автономної системи опалення:

$$K_1 = 1609280 \text{ грн;}$$

$$C_1 = 1846587 \text{ грн;}$$

$$K_2 = 1584284 \text{ грн};$$

$$C_2 = 643426 \text{ грн.}$$

Порівнюємо варіанти за приведеними витратами відповідно до формули:

$$П = K + C \cdot E_H. \quad (1.2)$$

$$П_1 = 1609280 + 1846587 \cdot 0,17 = 1923199 \text{ (грн)};$$

$$П_2 = 1584284 + 643246 \cdot 0,17 = 1693635 \text{ (грн)},$$

де:  $K_1$  і  $K_2$  – відповідно капітальні вкладення на влаштування централізованого опалення та автономної системи опалення, грн;

$C_1$  і  $C_2$  – відповідно експлуатаційні витрати на влаштування централізованого опалення та автономної системи опалення, грн;

$E_H$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладен, для будівельної галузі  $E_H = 0,17$ .

Із двох варіантів вибираємо варіант з мінімальними приведеними витратами, в даному випадку – це другий варіант. Економічний ефект, який отримуємо в результаті використання другого варіанту, розраховуємо за формулою

$$E = П_1 - П_2. \quad (1.3)$$

$$E = 1923199 - 1693635 = 229564 \text{ грн.}$$

### Висновок до розділу 1

1) Проаналізовано сучасний стан в галузі теплопостачання з використанням сонячних колекторів.

2) Охарактеризовано об'єкт будівництва, наведено основні технологічні та будівельні рішення, що будуть використовуватися в проектуванні системи теплопостачання.

3) Визначено найбільш доцільний варіант системи теплопостачання шляхом розрахунку капітальних вкладень ( $K_1$  та  $K_2$ ) та експлуатаційних витрат ( $C_1$  і  $C_2$ ), відповідно для централізованої та автономної систем теплопостачання. Розраховано економічний ефект  $E = 229564$  грн, за результатом якого можна зробити висновок, що влаштування автономної системи теплопостачання є економічно вигіднішим.

## **2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ПРОЕКТНЕ РІШЕННЯ ПРИЙНЯТОГО ВАРІАНТА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

### **2.1 Узагальнена модель тепломасообмінних процесів, прийняття припущень, розрахункова схема**

Основними тепловтратами приміщення в холодну пору року є: втрати тепла через зовнішні огороження, витрати на нагрівання холодного повітря, яке надходить (інфільтрується) через нещільності в огороженнях, крізь прорізи дверей, на нагрівання матеріалів, виробів, які холодними потрапляють у приміщення. Але також з іншого боку є і теплонадходження: від сонячної радіації, людей, джерел штучного освітлення, побутових приладів тощо.

Утрати тепла обчислюються для кожного опалювального приміщення послідовно через окремі огороження та складаються з основних і додаткових[7].

На рис. 2.1 показано схему тепловтрат огорожуючих конструкцій та теплонадходжень від систем опалення.

Для забезпечення комфортних умов мікроклімату необхідне виконання рівності:

$$Q_{\text{РАД}} \geq Q_{\text{В}} + Q_{\text{С}} + Q_{\text{П}} + Q_{\text{Г}} + Q_{\text{Д}}. \quad (2.1)$$

### **2.2 Моделювання та проектні розрахунки теплотехнічних параметрів комбінованої системи опалення**

Місто Вінниця знаходиться в першій кліматичній зоні, тому для огорожуючих конструкцій (зовнішніх стін, вікон, перекриттів, горищ) використовуються опори теплопередач, які наведено у табл. 2.1 [9, с.12].



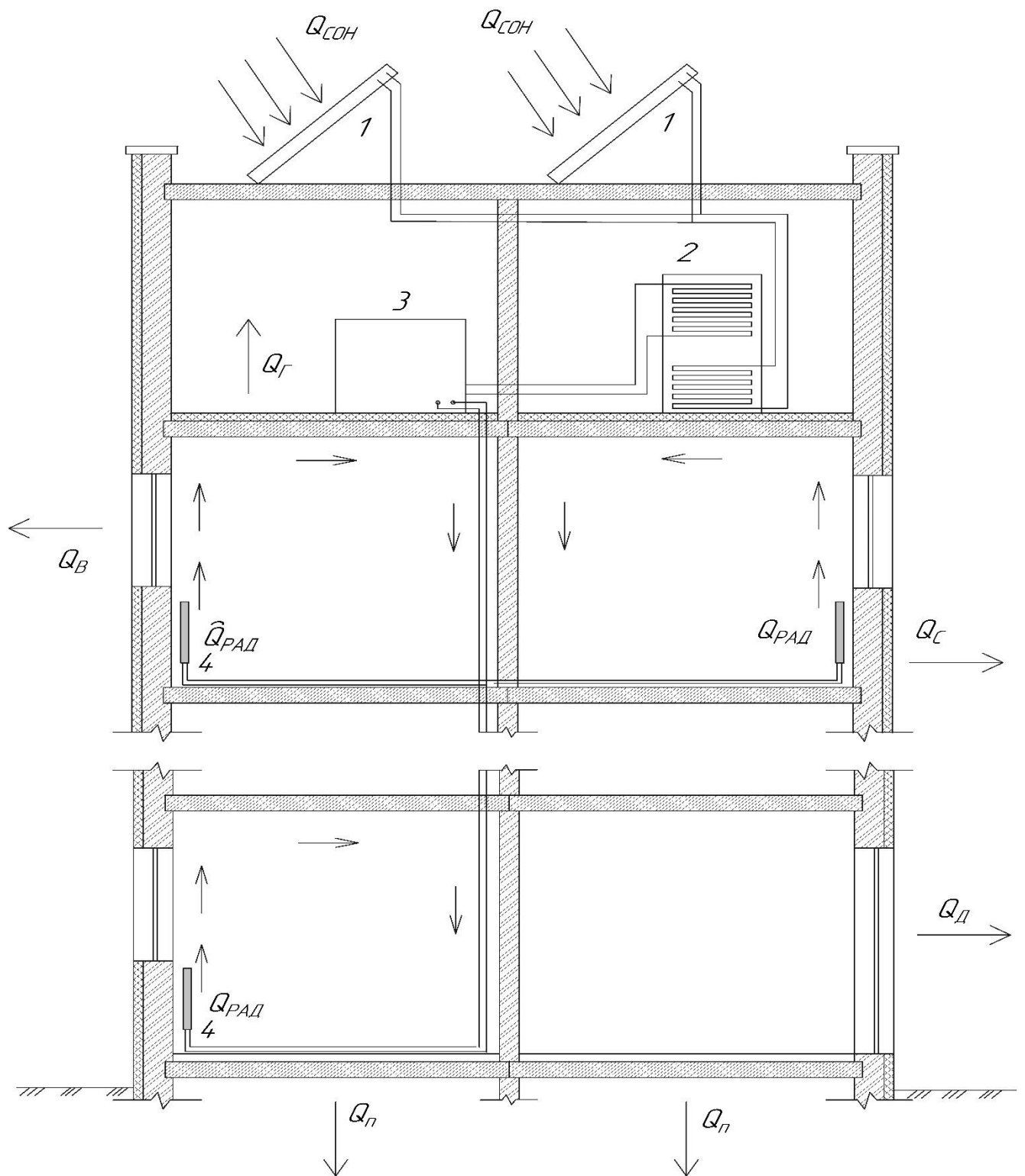


Рис. 2.1 - Розрахункова схема до моделювання теплового розрахунку будівлі (1 – сонячні колектори; 2 – теплообмінник (бак-акумулятор); 3 – газовий котел; 4 – радіатор опалення;  $Q_{\text{РАД}}$  – конвективний потік радіатора;  $Q_{\text{В}}$ ,  $Q_{\text{С}}$ ,  $Q_{\text{П}}$ ,  $Q_{\text{Г}}$ ,  $Q_{\text{Д}}$ , – тепловтрати через вікна, стіни, підлогу, горищне перекриття, двері відповідно;  $Q_{\text{В}}$  – теплонадходження на сонячні колектори)

Таблиця 2.1 – Опори теплопередач захисних конструкцій будинку

Найменування огороження	Значення опору теплопередачі $R$ , $\text{м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$
Зовнішні стіни	3,3
Вікна, балконні двері	0,75
Перекрыття над неопалювальними підвалом	3,75
Перекрыття горища	4,95
Зовнішні двері	0,6

Виходячи з опору теплопередач, підбираємо товщину зовнішніх стін, шар утеплювача перекрыття над неопалювальним підвалом, горищного перекрыття, тип заповнення світлових прорізів і дверей, що мають дійсний опір теплопередачі, але не менший необхідного, тобто  $R_0^{\phi} \geq R$ .

Несучий шар матеріалу для стін – силікатна цегла, а для перекрыття – пустотілі залізобетонні плити з різними теплотехнічними властивостями.

Проводимо облік додаткових тепловтрат огороження. Всі приміщення на плані поверху нумеруємо тризначними цифрами. Розміри тепловіддаючих огорож визначаємо згідно правил обміру. Визначаємо поправочні коефіцієнти до розрахункової різниці температур. Одержані дані розміщують до відповідних граф таблиць.

Розрахунок тепловтрат конструкції виконаний за формулою 2.2 [7, с.8]:

$$Q = \frac{1}{R_0} \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \quad (2.2)$$

де  $F$  – площа тепловіддаючої поверхні,  $\text{м}^2$ ;

$R_0$  – загальний термічний опір огорожі, ( $\text{м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$ );

$t_{\text{в}}$  – розрахункова температура внутрішнього повітря[8],  $^{\circ}\text{С}$ ;

$t_{\text{з}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря[8],  $^{\circ}\text{С}$  (приймається середня температура найбільш холодної п'ятиденки);

$n$  – коефіцієнт, що враховує додатковий захист огорожувальної конструкції від зовнішніх температур.

## 2.2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін

Конструкцію зовнішньої стіни наведено на рис. 2.2.

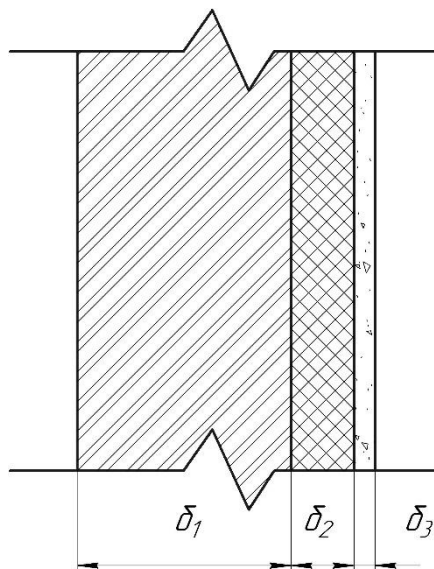


Рис. 2.2- Схема конструкції зовнішньої стіни до теплотехнічного розрахунку (1 – силікатна цегла на цементно-піщаному розчині; 2 – плити з мінеральної вати; 3 – декоративна штукатурка)

Зовнішня стіна виконана із наступних будівельних матеріалів, що мають такі розрахункові теплотехнічні характеристики [9, с.42-51]:

1-й шар – силікатна цегла на цементно-піщаному розчині:

$$\rho_1 = 1800 \text{ кг/м}^3; \lambda_1 = 0,87 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta_1 = 0,51 \text{ м};$$

2-й шар – плити з мінеральної вати:

$$\rho_2 = 70 \text{ кг/м}^3; \lambda_2 = 0,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta_2 = x \text{ м};$$

3-й шар – декоративна штукатурка (цементно-піщаний розчин):

$$\rho_3 = 1600 \text{ кг/м}^3; \lambda_3 = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta_3 = 0,02 \text{ м}.$$

Загальний термічний опір стіни ( $\text{м}^2 \cdot \text{}^0\text{С/Вт}$ ):

$$R_0 = R_3 + \frac{\delta_{\text{ц}}}{\lambda_{\text{ц}}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} + R_{\text{в}}, \quad (2.3)$$

де  $R_3$  – опір тепловіддачі зовнішньої поверхні, ( $\text{м}^2 \cdot \text{}^0\text{С/Вт}$ );

$R_e$  – опір тепловому сприйняттю внутрішньої поверхні огороження, ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ );

$\delta_{ц}, \delta_{ут}, \delta_{шт}$  – товщина шару цегли, утеплювача, штукатурки відповідно, м;

$\lambda_{ц}, \lambda_{ут}, \lambda_{шт}$ , - коефіцієнт теплопровідності цегли, утеплювача, штукатурки відповідно, ( $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ).

Тобто:

$$R_0 = R_{в} + R_{ц} + R_{ут} + R_{шт} + R_{з}, \quad (2.4)$$

Щоб визначити товщину шару утеплювача, треба визначити який термічний опір повинен мати цей шар [7, с.7]:

$$R_{ут} = R_0 - (R_{в} + R_{ц} + R_{шт} + R_{з}), \quad (2.5)$$

тоді 
$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут}. \quad (2.6)$$

Необхідний термічний опір шару утеплювача:

$$R_{ут} = 3,3 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} \right) = 2,53 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$$

Необхідна товщина шару утеплювача:

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут} = 2,53 \cdot 0,04 = 0,101 \text{ (м)}.$$

Приймаємо товщину утеплювача  $\delta_{ут} = 0,12$  м.

Виконаємо перевірку:

$R_{\phi} = R_{в} + R_{ц} + R_{ут} + R_{шт} + R_{з} = 3,77 > 3,3$ , отже розрахунок і підбір утеплювача виконані вірно.

$$\text{Коефіцієнт теплопередачі стіни: } k = \frac{1}{R_{\phi}} = \frac{1}{3,77} = 0,265 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}} \right).$$

## 2.2.2 Теплотехнічний розрахунок вікон

Для розрахунку приймаємо пластикові вікна REHAU GENEО / 4i-16Ar-4-16Ar-4i[26], з потрійним остікленням та 6-ти камерним енергозберігаючим профілем, що зображені на рис. 2.3:

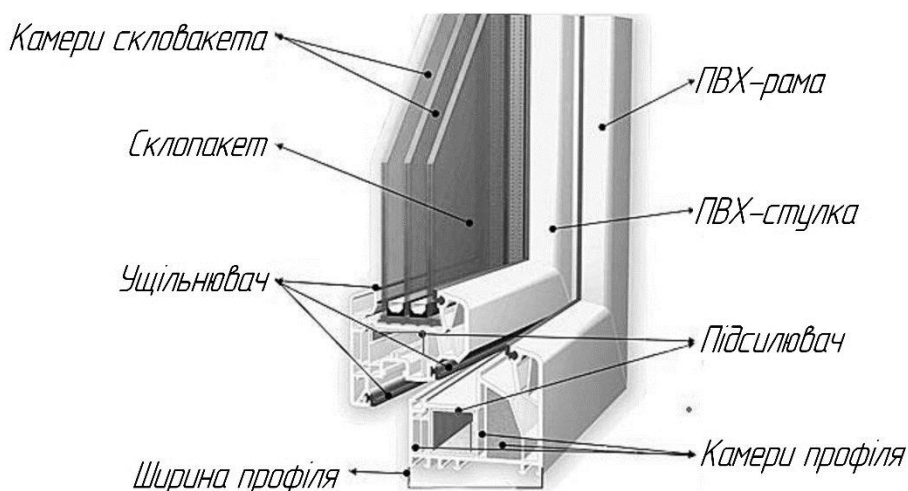


Рис. 2.3 – Вікно з потрійним остікленням REHAU GENEО

Загальний термічний опір вікна складає:

$R_{BK} = 1,25 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$ , що відповідає вимогам ДБН [9].

Коефіцієнт теплопередачі вікна:  $k = 1/R_{BK} = 1/1,25 = 0,8 \text{ (}\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}\text{)}$ .

### 2.2.3 Теплотехнічний розрахунок перекриття над неопалювальним підвалом

Конструкцію перекриття над підвалом наведено на рис. 2.4.

Перекриття над підвалом виконане із наступних будівельних матеріалів:

1- й шар – пустотіла залізобетонна плита:

$\lambda_1 = 1,92 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;  $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$ ;

2- й шар – пінополістирольні екструзійні плити:

$\rho_2 = 50 \text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda_2 = 0,037 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;  $\delta_2 = x \text{ м}$ ;

3- й шар – цементно-піщана стяжка:

$\rho_3 = 1600 \text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda_3 = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;  $\delta_3 = 0,05 \text{ м}$ ;

4- й шар – підлога із керамічної плитки:

$\lambda_4 = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К}); \delta_4 = 0,01 \text{ м.}$

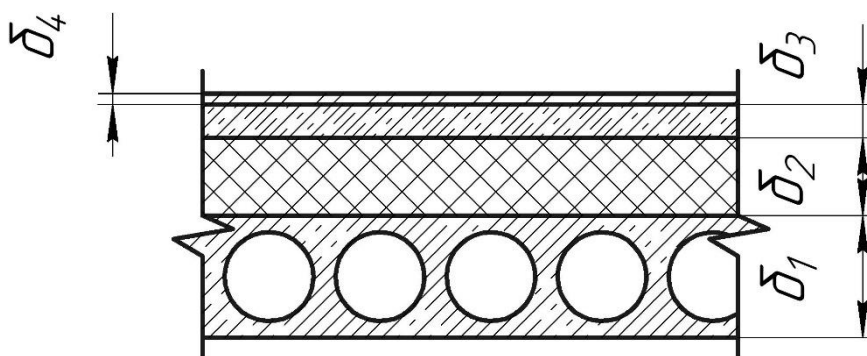


Рис. 2.4 – Схема конструкції перекриття над підвалом до теплотехнічного розрахунку

Загальний термічний опір перекриття над підвалом ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ ):

$$R_0 = R_3 + \frac{\delta_{пп}}{\lambda_{пп}} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{пл}}{\lambda_{пл}} + R_в, \quad (2.7)$$

де  $R_3$  – опір тепловіддачі зовнішньої поверхні, ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ );

$R_в$  – опір тепловому сприйняттю внутрішньої поверхні огороження, ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ );

$\delta_{пп}, \delta_{ут}, \delta_{ст}, \delta_{пл}$  – товщина шару плити перекриття, утеплювача, стяжки, плитки відповідно, м;

$\lambda_{пп}, \lambda_{ут}, \lambda_{ст}, \lambda_{пл}$  – коефіцієнт теплопровідності плити перекриття, утеплювача, стяжки, плитки відповідно, ( $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ).

Тобто:

$$R_0 = R_в + R_{пп} + R_{ут} + R_{ст} + R_{пл} + R_3, \quad (2.8)$$

Щоб визначити товщину шару утеплювача, треба визначити який термічний опір повинен мати цей шар [7, с.7]:

$$R_{ут} = R_0 - (R_в + R_{пп} + R_{ст} + R_{пл} + R_3), \quad (2.9)$$

тоді

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут}. \quad (2.10)$$

Необхідний термічний опір шару утеплювача:

$$R_{ут} = 3,75 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,05}{0,81} + \frac{0,01}{1,1} + \frac{1}{12} \right) = 3,45 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}.$$

Необхідна товщина шару утеплювача:

$$\delta_{\text{ут}} = R_{\text{ут}} \cdot \lambda_{\text{ут}} = 3,45 \cdot 0,037 = 0,127 \text{ (м)}.$$

Приймаєм товщину утеплювача  $\delta_{\text{ут}} = 0,15$  м.

Виконаємо перевірку:

$R_{\phi} = R_{\text{в}} + R_{\text{пл}} + R_{\text{ут}} + R_{\text{ст}} + R_{\text{пл}} + R_{\text{з}} = 4,44 > 3,75$ , отже розрахунок і підбір утеплювача виконані вірно.

$$\text{Коефіцієнт теплопередачі перекриття: } k = \frac{1}{R_{\phi}} = \frac{1}{4,44} = 0,225 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right).$$

## 2.2.4 Теплотехнічний розрахунок горищного перекриття

Конструкцію горищного перекриття наведено на рис. 2.5.

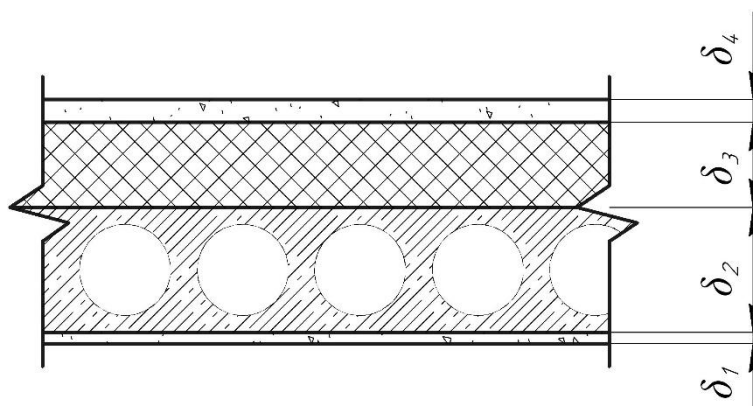


Рис. 2.5. – Схема конструкції горищного перекриття до теплотехнічного розрахунку

Горищне перекриття виконане із наступних будівельних матеріалів:

1- й шар – шпаклівка (гіпсовий розчин):

$$\rho_3 = 1300 \text{ кг/м}^3; \lambda_3 = 0,75 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta_1 = 0,01 \text{ м};$$

2- й шар – пориста залізобетонна плита:

$$\lambda_1 = 1,92 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta_1 = 0,22 \text{ м};$$

3- й шар – пінополістирольні екструзійні плити:

$$\rho_2 = 50 \text{ кг/м}^3; \lambda_2 = 0,037 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta_2 = x \text{ м};$$

4- й шар – вирівнююча цементно-піщана стяжка:

$$\rho_2 = 1600 \text{ кг/м}^3; \lambda_3 = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta_3 = 0,07 \text{ м}.$$

Загальний термічний опір горищного перекриття ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$ ):

$$R_0 = R_3 + \frac{\delta_{шп}}{\lambda_{шп}} + \frac{\delta_{пп}}{\lambda_{пп}} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + R_в, \quad (2.11)$$

де  $R_3$  – опір тепловіддачі зовнішньої поверхні, ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ );

$R_в$  – опір тепловому сприйняттю внутрішньої поверхні огороження, ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ );

$\delta_{шп}$ ,  $\delta_{пп}$ ,  $\delta_{ут}$ ,  $\delta_{ст}$  – товщина шару шпаклівки, плити перекриття, утеплювача, стяжки відповідно, м;

$\lambda_{шп}$ ,  $\lambda_{пп}$ ,  $\lambda_{ут}$ ,  $\lambda_{ст}$  – коефіцієнт теплопровідності шпаклівки, плити перекриття, утеплювача, стяжки відповідно, ( $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ).

Тобто:

$$R_0 = R_в + R_{шп} + R_{пп} + R_{ут} + R_{ст} + R_3, \quad (2.12)$$

Щоб визначити товщину шару утеплювача, треба визначити який термічний опір повинен мати цей шар [7, с.7]:

$$R_{ут} = R_0 - (R_в + R_{шп} + R_{пп} + R_{ст} + R_3), \quad (2.13)$$

тоді

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут}.$$

(2.14)

Необхідний термічний опір шару утеплювача:

$$R_{ут} = 4,95 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,75} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,07}{0,81} + \frac{1}{12} \right) = 4,54 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$$

Необхідна товщина шару утеплювача:

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут} = 4,54 \cdot 0,037 = 0,167 \text{ (м)}.$$

Приймаєм товщину утеплювача  $\delta_{ум} = 0,20$  м.

Виконаємо перевірку:

$R_\phi = R_в + R_{пп} + R_{ут} + R_{ст} + R_{пл} + R_3 = 5,81 > 4,95$ , отже розрахунок і підбір утеплювача виконані вірно.

Коефіцієнт теплопередачі перекриття:  $k = \frac{1}{R_\phi} = \frac{1}{5,81} = 0,17 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right)$ .



### 2.2.5 Розрахунок теплових втрат приміщень

Система опалення повинна компенсувати всі тепловтрати будинку – через захисні конструкції та на нагрівання зовнішнього холодного повітря, яке проникає в приміщення через різні нещільності в захисних конструкціях (інфільтрація), такі як щілини притворів, прорізи, нещільності вікон, відчинені двері.

Загальні тепловтрати  $Q_3$  складаються з основних  $Q_2$  і додаткових втрат тепла[7]:

$$Q_3 = Q_2 + Q_d. \quad (2.15)$$

Втрати тепла через огорожувальну конструкцію визначають тільки при різниці температур по різні сторони конструкції більше  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Розрахунок теплових втрат виконуємо з точністю до 5 Вт по окремих приміщеннях[7].

Результати наведено в таблиці додатку Б, що складається з 23 граф.

В графі 1 проставляємо номер приміщення, в графі 2 – найменування приміщення і його розрахункову температуру. В графу 3 заносимо скорочене найменування огорожень. В графі 4 – орієнтація огороження по сторонах світу. Графа 5, 6 – - розміри огорожуючих конструкцій, м; графа 7 – площа огорожуючих конструкцій,  $\text{м}^2$ ; графа 8 – коефіцієнт теплопередачі огорожень,  $\text{Вт}/\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; графа 9 – температурний перепад ( $t_b - t_a$ ) для кожного приміщення,  $^{\circ}\text{C}$ ; графа 10 – поправочний коефіцієнт; графа 15 – загальний множник додаткових тепловтрат; 16 – основні тепловтрати через огороження одержані при добутку величин в графах 7, 8, 9, 10, 15; графи 11, 12, 13, 14 – поправочні підвищуючі коефіцієнти (додаткові тепловтрати в відсотках). В графі 17 – тепловтрати приміщення; графа 18 – загальна площа приміщення; 19 графа – висота приміщення. У 20 графі записуємо втрати на інфільтрацію повітря і в 21 графі загальні втрати приміщення. В 22 і 23 графі вказуємо тип радіатора (висоту, довжину і потужність) та їх кількість відповідно.

Детальний підрахунок теплових втрат виконуємо для типових приміщень першого, третього і верхнього поверхів.

Умовне позначення захисних конструкцій: ЗС - зовнішня стіна, ВТ - вікно з трійним склінням; СТ - стеля; ПД - підлога; Д - двері; ДД - подвійні двері.

Орієнтація: Пн - північ; Зх - захід; Сх - схід; Пд - південь.

Головні тепловтрати  $Q_{\Gamma}$ , Вт, визначають за формулою [7]:

$$Q_2 = 1 / R_o^{\phi} \times F \times (t_6 - t_3) \times n, \quad (2.16)$$

де  $F$  – теплопередавальна поверхня захисної конструкції, м<sup>2</sup>;

$R_o^{\phi}$  – повний фактичний термічний опір захисної конструкції, м<sup>2</sup> · °С/Вт;

$t_6$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

$t_3$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

$n$  – коефіцієнт, що враховує додатковий захист захисної конструкції від зовнішніх температур.

Проводимо розрахунок теплових втрат для житлової кімнати №101 (див. аркуш 1). Розрахункова температура приміщення складає: +22°С для житлових приміщень, +19°С для кухонь, +25°С для санвузлів. Площа підлоги складає 21,8 м<sup>2</sup>, зовнішньої стіни – 12,29 м<sup>2</sup> на Північ та 4,05 м<sup>2</sup> на Схід, вікно має розміри 1,5×2,1 м. Згідно з ДБН В.2.6-31:2016 “Теплова ізоляція будівель” підбираємо коефіцієнти теплопередачі огорожень. Розраховуємо різницю температур між температурою внутрішнього і зовнішнього повітря:

$$t_b - t_3 = 22 - (-21) = 43(^{\circ}\text{C}). \quad (2.17)$$

Далі вибираємо коефіцієнт  $n$ , що враховує додатковий захист захисної конструкції від зовнішніх температур, і заносимо у відповідну графу.

Визначаємо головні тепловтрати зовнішньої стіни орієнтованої на Північ за формулою:

$$Q_2 = (1 / R_o^{\phi}) \cdot F \cdot (t_6 - t_3) \cdot n = 0,265 \cdot 12,29 \cdot 43 \cdot 1 = 140 \text{ (Вт)}. \quad (2.18)$$

Визначаємо додаткові тепловтрати захисних конструкцій [7, дод.А] у відсотках. Для зовнішньої стіни сумарні додаткові тепловтрати становлять 20 % від головних. Отже, в наступну графу заносимо загальний множник додаткових тепловтрат 1,2 який множимо на головні тепловтрати зовнішньої стіни і, таким чином, дізнаємося загальні втрати тепла через зовнішню стіну:

$$Q_{заг} = 140 \cdot 1,2 = 168 \text{ (Вт)}.$$

Загальні тепловтрати вікна, дверей і підлоги визначаємо аналогічно.

В наступній графі записуємо втрати тепла на інфільтрацію зовнішнього повітря, Вт[7]:

$$Q_6 = 0,337 \cdot A_n \cdot h \cdot (t_6 - t_n), \quad (2.19)$$

де  $A_n$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup>;

$h$  – висота приміщення від підлоги до стелі, м.

$$Q_6 = 0,337 \cdot 21,8 \cdot 2,7 \cdot 43 = 852,94 \text{ (Вт)}.$$

Далі підсумовуємо загальні тепловтрати приміщення і заносимо у відповідну графу

$$Q = 168 + 55 + 123 + 63 + 853 = 1262 \text{ (Вт)}.$$

За величиною загальних тепловтрат підбираємо тип радіатора [16] .

Для кімнати 101 підібрано радіатор потужністю 1407 Вт.

Результати розрахунку теплових втрат приміщень наведені в додатку Б.

## **2.3 Моделювання гідравлічних режимів системи опалення та визначення їх основних параметрів і характеристик**

### **2.3.1 Конструювання системи опалення**

На планах поверхів будинку розміщують стояки і обігрівальні прилади. Стояки розміщують у сходовій клітці.

Стояки наносять на план у вигляді кружків і нумерують, починаючи з лівого верхнього кута будинку за часовою стрілкою. При двотрубній системі зображують, як подаючі стояки до приладів так і зворотні. Номер стояків позначають на всіх планах за віссю стояків в кружках.

На кожному стояку розміщено регулятори перепаду тиску і балансувальні вентиля для вирівнювання гідравлічних режимів. Для відключення окремих гілок на технічному поверсі розміщені запірні вентиля.

На кожному поверсі на стояку передбачена розподільча гребінка із запірними вентилями, приладами обліку теплоти та автоматичними повітроріжниками (див. аркуш 7).

Обігрівальні прилади наносять на плани у вигляді прямокутників (див. аркуш 1,2) Після нанесення обігрівальних приладів і трубопроводів на плані будинку конструюють аксонометричну схему опалення першого та типового поверху, а також аксонометрію вертикального розведення в масштабі 1:100 (див. аркуш 3). Підводи до приладів наносять в тому масштабі, в якому виконується вся схема системи опалення.

### **2.3.2 Вибір опалювальних приладів**

Для опалення будинку обрано двотрубну систему опалення із нижнім розведенням, яка підключається до дахової котельні, а також до сонячних колекторів, розміщених на даху (див. аркуш 1,2). Марка обігрівальних приладів “Термія”, тип підібраних радіаторів наведено в додатку Б.

Довжину радіатора приймаємо задаючись тепловою потужністю радіатора відповідно до каталогу[16], що наведений в додатку Е.

### **2.3.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів конвективного опалення**

Гідравлічний розрахунок зводиться до визначення оптимальних діаметрів трубопроводів на кожній ділянці циркуляційних кілець[7].

Розрахунок починається з самого не вигідного циркуляційного кільця, котрим є кільце, яке проходить через найбільш віддалений стояк (при тупиковій розводці) або через найбільш навантажений стояк (при попутному русі)[7].

Вибране циркуляційне кільце ділиться на ділянки. Через кожну ділянку протікає постійна кількість води, а межі ділянок знаходяться в точках зміни потужності потоку[7].

Для попереднього підбору діаметра труб на ділянках розрахункового циркуляційного кільця необхідно знати витрати води на ділянці  $G$ , кг/год і допустиму питому середню витрату тиску на 1м за рахунок тертя  $R_d$ , Па/м[7].

Витрати води визначаються за виразом[7]:

$$G = 0,86 \cdot Q / \Sigma l, \quad (2.20)$$

де:  $Q$  – теплове навантаження ділянки циркуляційного кільця, Вт;

$t_2$  – температура гарячої води,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_o$  – температура охолодженої води,  $^{\circ}\text{C}$ .

$R_o$  визначають за виразом[7]:

$$R_o = 0,5 \cdot P / \Sigma l, \quad (2.21)$$

де:  $\Sigma l$  - сумарна довжина розрахункового циркуляційного кільця, м.

Орієнтуючись на витрату та швидкість руху води на ділянці ( $G$ , кг/год,  $V$ , м/с), з номограми (додаток Є) визначають діаметр трубопроводу, питомі витрати тиску від тертя на 1 м і динамічний тиск, які заносять до таблиці В (додаток В). При цьому дійсні втрати тиску від тертя не повинні перевищувати допустимих середніх, а швидкість руху води повинна бути допустимою[7].

Втрати тиску в місцевих опорах визначаємо за формулою:

$$Z = \Sigma \xi \cdot h_w, \quad (2.22)$$

де:  $\xi$  – коефіцієнт місцевого опору[7];

$h_w$  – динамічний тиск.

Суму коефіцієнтів місцевих опорів  $\Sigma \xi$  визначають для ділянки і записують в таблиці В (додаток В). Коефіцієнти місцевих опорів знаходять в таблиці [7]. Коли заповнені всі рядки таблиці підраховуємо сумарні втрати тиску в циркуляційному кільці[7].

## 2.4 Обґрунтування та вибір обладнання по забезпеченню нормативних характеристик системи опалення

### Підбір балансувальних клапанів

Підбір балансувальних клапанів (БК) проводимо згідно обчислених втрат тиску із [24]. Клапани ставимо на відгалуженнях біля гребінки та на стояки.

Для стояків найбільші втрати тиску маємо на стояку №3:  $\Delta P = 13156$  Па, а витрата на ньому – 5114,9 кг/год. На даному стояку ставимо клапан з пропускною здатністю, що дорівнює одиниці. Всі інші – підбираємо згідно витраті на відгалуженні і втраті тиску на ньому.

Для квартир найбільші втрати тиску маємо у III-кімнатній:  $\Delta P = 7568$  Па, а витрата на ньому – 358,37 кг/год. Для цієї квартири підбираємо клапан з пропускною здатністю, що дорівнює одиниці.

Дані про вибраний клапан заносимо до табл. 2.1.

Табл. 2.1 – Підбір балансувальних клапанів

№ п/п	Відгалуження	Назва балансув. клапана	Витрата, кг/год	Втрати тиску, Па	Пропускна здатність, kv	Кільк., шт
1	2	3	4	5	6	7
1	Стояк №1	ГЕРЦ-TS-99-V	4328,6	12003	1,1	1
2	Стояк №2	ГЕРЦ-TS-99-V	4179,5	6232	1,5	1
3	Стояк №3	ГЕРЦ-TS-99-V	5114,9	13156	1	1
4	2	ГЕРЦ-AS-T-90	257,57	6483	2,47	27
5	7	ГЕРЦ-AS-T-90	140,18	2577	2,83	27
6	11	ГЕРЦ-AS-T-90	221,62	4281	0,63	27
7	16	ГЕРЦ-AS-T-90	385,37	7568	1	27

### Підбір циркуляційних насосів

Для системи опалення підбираємо два циркуляційних насоси, один з яких робочий інший резервний. Приймаємо до встановлення насоси марки Wilo[27] типу Atmos CronoBloc-BL 65/120 з наступними характеристиками (див. Додаток Ж):

- витрата – 15 м<sup>3</sup>/год;
- напір – 28,3 м.

### **Підбір опалювального котла**

Для системи опалення підбираємо два опалювальних котли по 70% кожен від загального теплового навантаження будівлі. Так як загальне теплове навантаження будівлі становить 331 кВт.

Розрахуємо теплове навантаження одного котла:

$$Q_k = 331 \cdot 0,7 = 231,7 \text{ кВт.}$$

Приймаємо до встановлення два опалювальних котли типу BAXI Power NT 1.280[13].

Технічні параметри (див. додаток И):

- Номінальна теплова потужність: від 42 до 255 кВт;
- ККД – до 98%
- Габарити ДхШхВ (мм): 1458х692х1324;
- Системи управління, контролер Think;
- Маса (кг): 314 кг;

### **Підбір розширювального бака**

Приймаємо до встановлення розширювальний бак типу Reflex NG 300[14] - для систем опалення.

Мембранний розширювальний бак для системи опалення має наступні параметри[14]:

- місткість 300 літрів;
- тиск 3-10 бар;
- під'єднання - різьбове;
- максимально допустима робоча температура мембрани 110 градусів.

Розширювальний мембранний бак має корпус, виготовлений з листової, високоякісної сталі і покритий пічною емаллю темно-червоного або білого кольору, розділений мембраною на дві камери: водяну і повітряну. У повітряній камері

знаходиться заздалегідь закачане на заводі повітря. З боку повітряної камери в корпусі мембранного бака розташовано пневмо-клапан, призначений для регулювання тиску повітря. Надходження і вихід з розширювального мембранного бака води здійснюється через різьбовий приєднувальний патрубков[14].

## **2.5 Обґрунтування та вибір обладнання по забезпеченню нормативних характеристик системи гарячого водопостачання**

### **2.5.1 Конструювання системи гарячого водопостачання**

Для забезпечення будинку гарячою водою обираємо циркуляційну систему гарячого водопостачання (ГВП) із верхнім розв'єдненням (на технічному поверсі). Для уникнення охолодження води в системі прокладаємо циркуляційний трубопровід, що прокладений в підвалі будинку, паралельно подавальному (аркуш 4).

Стояки системи ГВП, виконані із сталевих труб, прокладаються приховано у нішах санвузлів. На кожному поверсі від стояка на висоті 1 м виконується відвід, на якому встановлюється запірна арматура та пристрій індивідуального обліку теплоти.

Поквартирне розв'єднення виконане полімерними трубопроводами, прокладеними у підлозі (аркуш 4). Змішувачі ванн встановлюються на висоті 0,8 м, змішувачі мийок на висоті 0,85 м, змішувачі умивальників на висоті 1,0 м від рівня підлоги.

У верхніх точках системи ГВП встановлюються автоматичні пристрої для випуску повітря.

На подаючих і циркуляційних трубопроводах, включно із стояками, передбачено улаштування теплової ізоляції K-Flex для зменшення втрат теплоти та уникнення конденсату.



На планах поверхів будинку зображені стояки, трубопроводи та позначення водорозбірних приладів (ванна, кухонна мийка, умивальник). Стояки нанесені на план у вигляді кружків і пронумеровані.

Після нанесення стояків, трубопроводів то водорозбірних приладів на плані поверху, проведено конструювання аксонометричної схеми вертикального розведення системи ГВП в масштабі 1:100 (аркуш 4).

### 2.5.2 Визначення розрахункових витрат гарячої води та теплоти системи гарячого водопостачання

Імовірність дії водорозбірних приладів системи гарячого водопостачання  $P$  визначається з норми витрати гарячої води на 1 людину в годину найбільшого водоспоживання  $q_{hr}^h = 10$  л / год [28, дод. 3] і норми витрати гарячої води для ванни  $q_o^h = 0,2$  л / с [28, дод. 3], як для водорозбірного приладу з найбільшим витратою води:

$$P = \frac{q_{hr}^h \cdot U}{3600 \cdot q_o^h \cdot N}, \quad (2.23)$$

де:  $U$  – загальне число споживачів гарячої води;

$N$  – загальна кількість водорозбірних приладів у будинку (396 шт.)

$$U = \frac{A}{A_n}, \quad (2.24)$$

де:  $A$  – загальна житлова площа будинку (4317 м<sup>2</sup>);

$A_n$  – нормована житлова площа на 1 людину (13,65 м<sup>2</sup>/люд).

$$U = \frac{4317}{13,65} = 317 \text{ (люд)},$$

$$P = \frac{10 \cdot 317}{3600 \cdot 0,2 \cdot 396} = 0,0149.$$

Імовірність використання водорозбірних приладів в системі гарячого водопостачання розраховується за формулою[28]:

$$P_r = \frac{P}{K_i}, \quad (2.25)$$

де  $K_i$  - коефіцієнт використання водорозбірного приладу за годину найбільшого водоспоживання, приймаємо  $K_i = 0,3$ [28].

$$P_r = \frac{0,0149}{0,3} = 0,05.$$

Годинна витрата гарячої води за годину найбільшого водоспоживання:

$$G_r = 18 \cdot q_0^h \cdot K_i \cdot \alpha_r, \quad (2.26)$$

де  $\alpha_r$  – безрозмірний коефіцієнт, що визначається залежно від значення  $P_r$  та  $N$  [28, дод. 4].

$$G_r = 18 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \cdot 6,89 = 7,44 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Середня витрата гарячої води за добу найбільшого водоспоживання  $G_i$  (м<sup>3</sup>/доб), визначається як добуток кількості її споживачів на норму витрати гарячої води одним споживачем за добу найбільшого водоспоживання  $q_i$ , прийняту за [28, дод. 3] (120 л / с):

$$G_i = 0,001 \cdot U \cdot q_i. \quad (2.27)$$

$$G_i = 0,001 \cdot 317 \cdot 120 = 38,04 \text{ (м}^3\text{/доб)}.$$

Середня витрата гарячої води за добу в опалювальний період, (м<sup>3</sup>/доб)[28]:

$$G_{i.c.} = 0,001 \cdot U \cdot q_{i.c.}^h, \quad (2.28)$$

де  $q_{i.c.}^h$  – норма витрати гарячої води одним споживачем на добу опалювального періоду [28, дод. 3] (105л/доб).

$$G_{i.c.} = 0,001 \cdot 317 \cdot 105 = 33,28 \text{ (м}^3\text{/доб)}.$$

Секундна витрата гарячої води в системі гарячого водопостачання,  $G$ , (л/с)[28]:

$$G = 5 \cdot q_0^h \cdot \alpha, \quad (2.29)$$

де  $\alpha$  – безрозмірний коефіцієнт, який знаходиться в залежності від  $P_N$  (див. табл.2.2).

$$G = 5 \cdot 0,2 \cdot 6,89 = 6,89 \text{ (л/с)}.$$

Максимальна годинна витрата теплоти  $Q_{г.в.}^{max}$ , (кДж/год), розраховується за рівнянням[28]:

$$Q_{г.в.}^{max} = G_r \cdot \rho \cdot c \cdot (t_r - t_x) \cdot (1 + \beta_r), \quad (2.30)$$

де  $\rho$  – щільність води, (1000 кг / м<sup>3</sup>);

$c$  – теплоємність, (4,187 кДж/кг · °С);

$t_x$  – середня температура води у водорозбірних стояках, (55 °С);

$t_x$  – температура холодної води, (5 °С);

$\beta_2$  – коефіцієнт, що враховує тепловтрати подавальними та циркуляційними стояками (0,2).

$$Q_{Г.В.}^{max} = 7,44 \cdot 1000 \cdot 4,187 \cdot (55 - 5) \cdot (1 + 0,2) = 1869076 \text{ (кДж/год)}.$$

Середньогодинна витрата теплоти за добу найбільшого водоспоживання[28]:

$$Q_{Г.В.}^{cp} = G_i \cdot \rho \cdot c \cdot (t_r - t_x) \cdot (1 + \beta_r). \quad (2.31)$$

$$Q_{Г.В.}^{cp} = 38,04 \cdot 1000 \cdot 4,187 \cdot (55 - 5) \cdot (1 + 0,2) \cdot 1/24 = 398183 \text{ (кДж/год)}.$$

Середньогодинна витрата води за опалювальний період[28]:

$$Q_{Г.В.}^{cp.o} = G_{i.c.} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_r - t_x) \cdot (1 + \beta_r). \quad (2.32)$$

$$Q_{Г.В.}^{cp.o} = 33,28 \cdot 1000 \cdot 4,187 \cdot (55 - 5) \cdot (1 + 0,2) \cdot 1/24 = 348358 \text{ (кДж/год)}.$$

### 2.5.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи гарячого водопостачання

Розрахунок виконуємо від диктуючого (найвіддаленішого) приладу до місця підключення до водорозбірного стояка. Вірогідність дії санітарно-технічних пристроїв визначаємо за формулою 2.23. Для визначення максимальних витрат води на ділянці застосовуємо формулу 2.30.

Коефіцієнт  $\alpha$  для ділянки системи визначається у залежності від загальної кількості водорозбірних пристроїв на ділянці і вірогідності їх дії за таблицями [28, дод. 4,5]. Згідно з економічно доцільними значеннями швидкості води в трубопроводі та розрахунковими витратами води за допомогою номограм (додаток Є) обираємо стандартні діаметри умовного проходу трубопроводів. Швидкість води в трубопроводах не повинна бути більше 1,5 м/с, а в підводках до водорозбірних пристроїв - 2,5 м/с[28].

Втрати тиску на ділянці обчислюють за формулою:

$$H = i \cdot l \cdot (1 + K_i), \quad (2.33)$$

де  $i$  – питомі втрати тиску (визначають за номограмою (додаток Д);

$l$  – довжина ділянки;

$K_i$  - коефіцієнт, що враховує втрати тиску в місцевих опірах,  $K_i = 0,3$ .

Результати гідравлічних розрахунків системи гарячого водопостачання наведені в таблиці 2.2.

Табл. 2.2 – Результати гідравлічного розрахунку системи ГВП

№ ділянки	Довжина L, м	водорозбірних приладів N, шт	N·P	Коефіцієнт $\alpha$	Максимальна витрата води $q^h$ , л/с	Діаметр умовного проходу, мм	Швидкість води, м/с	Втрати тиску	
								Питомі, Па/м	На ділянці, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Головна магістраль 1-2-3-....-19-20-21									
1	6,6	1	0,015	0,2	0,2	16	1,3	700	6006
2	0,8	3	0,045	0,265	0,265	16	1,5	900	936
3	6,1	4	0,060	0,289	0,289	25	0,65	70	555
4	3	8	0,119	0,367	0,367	25	0,8	170	663
5	3	12	0,179	0,428	0,428	25	0,9	180	702
6	3	16	0,238	0,482	0,482	25	1	190	741
7	3	20	0,298	0,532	0,532	32	0,6	40	156
8	3	24	0,358	0,578	0,578	32	0,7	50	195
9	3	28	0,417	0,617	0,617	32	0,75	55	214
10	3	32	0,477	0,662	0,662	32	0,8	60	234
11	17,8	36	0,536	0,701	0,701	32	0,82	62	1434
12	0,6	72	1,073	1,007	1,007	40	0,9	80	62
13	10,6	99	1,475	1,203	1,203	50	0,7	30	413
14	0,3	135	2,012	1,442	1,442	50	0,75	35	13
15	10,6	162	2,414	1,608	1,608	50	0,8	40	551
16	0,6	198	2,950	1,82	1,82	50	0,85	45	35

17	14,8	225	3,353	1,973	1,973	50	0,95	55	1058
18	6,2	261	3,889	2,169	2,169	50	1,1	70	564
19	7,2	297	4,425	2,359	2,359	50	1,2	75	702
20	3,7	333	4,962	2,545	2,545	65	0,75	30	144

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	15	396	5,900	2,858	2,858	65	0,9	40	780

Сумарні втрати тиску = 16161 Па

Ділянка 22-23-24-...-32-33

22	0,9	1	0,015	0,2	0,2	16	1,3	700	819
23	1,1	2	0,030	0,237	0,237	16	1,4	800	1144
24	0,5	3	0,045	0,265	0,265	16	1,5	900	585
25	4,4	4	0,060	0,289	0,289	25	0,65	70	400
26	3	8	0,119	0,367	0,367	25	0,8	170	663
27	3	12	0,179	0,428	0,428	25	0,9	180	702
28	3	16	0,238	0,482	0,482	25	1	190	741
29	3	20	0,298	0,532	0,532	32	0,6	40	156
30	3	24	0,358	0,578	0,578	32	0,7	50	195
31	3	28	0,417	0,617	0,617	32	0,75	55	214

Продовження таблиці 2.2

32	3	32	0,477	0,662	0,662	32	0,8	60	234
33	3,7	36	0,536	0,701	0,701	32	0,82	62	298,22

Сумарні втрати тиску = 6152 Па

Ділянка 34-35-36...-43-44

34	1,6	1	0,015	0,2	0,2	16	1,3	700	1456
35	0,6	2	0,030	0,237	0,237	16	1,4	800	624
36	4,4	3	0,045	0,265	0,265	16	1,5	900	5148
37	3	6	0,089	0,329	0,329	25	0,7	80	312
38	3	9	0,134	0,382	0,382	25	0,75	90	351

39	3	12	0,179	0,428	0,428	25	0,9	180	702
40	3	15	0,224	0,47	0,47	25	1	190	741
41	3	18	0,268	0,507	0,507	25	1,1	205	799
42	3	21	0,313	0,544	0,544	32	0,65	45	175

## Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
43	3	24	0,358	0,578	0,578	32	0,7	50	195
44	3,7	27	0,402	0,611	0,611	32	0,75	55	264
Сумарні втрати тиску = 10768 Па									
Ділянка 45-46-...-56-57									
45	1,5	1	0,015	0,2	0,2	16	1,3	700	1365
46	0,6	2	0,030	0,237	0,237	16	1,4	800	624
47	1,1	3	0,045	0,265	0,265	16	1,5	900	1287
48	4,3	4	0,060	0,289	0,289	25	0,65	70	391
49	3	8	0,119	0,367	0,367	25	0,8	170	663
50	3	12	0,179	0,428	0,428	25	0,9	180	702
51	3	16	0,238	0,482	0,482	25	1	190	741
52	3	20	0,298	0,532	0,532	32	0,6	40	156
53	3	24	0,358	0,578	0,578	32	0,7	50	195
54	3	28	0,417	0,617	0,617	32	0,75	55	214
55	3	32	0,477	0,662	0,662	32	0,8	60	234
56	16,4	36	0,536	0,701	0,701	32	0,82	62	1321
57	5,3	63	0,939	0,937	0,937	40	0,85	70	482
Сумарні втрати тиску = 8376 Па									

### 2.5.4 Розрахунок втрат теплоти трубопроводами системи гарячого водопостачання

Теплові втрати  $\Delta Q$ , (Вт), на розрахунковій ділянці трубопроводу, визначаються за нормативними питомими втратами тепла або розрахунком за формулою[28]:

$$\Delta Q = \pi \cdot d_3 \cdot l \cdot K \cdot (t_r^{cp} - t_0) \cdot (1 - \eta), \quad (2.34)$$

де  $K$  – коефіцієнт теплопередачі ізолюваного трубопроводу,

$$K = 11,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

$t_r^{cp}$  – середня температура води в системі,  $t_r^{cp} = (t_n + t_k) / 2$ , °C ;

$t_n$  – температура на виході з котла, °C;

$t_k$  – температура на найбільш віддаленому водорозбірному приладі, °C;

$\eta$  – ККД теплової ізоляції (0,6);

$l$  – довжина ділянки трубопроводу, м;

$d_3$  - зовнішній діаметр трубопроводу, м;

$t_0$  - температура навколишнього середовища, °C.

Температуру води у найбільш віддаленого водорозбірного приладу  $t_k$  слід приймати на 5 °C нижче температури води на виході з підігрівача. Температуру навколишнього середовища  $t_0$  під час прокладання трубопроводів в нішах санвузлів слід приймати рівною 25 °C [28].

Результати розрахунку втрат теплоти системи ГВП заносять в таблицю 2.3.

Стояк №2 має таку ж кількість водорозбірних приладів як і стояки №4, 5, 6, 8, 10, 12, а сояк №3 – як і стояки № 7, 9, 11. Тому для них приймаємо такі ж тепло-втрати як і для стояків №2 та №3 відповідно.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку втрат теплоти системи ГВП

№ ділянки	Довжина L, м	Зовнішній діаметр, мм	Температура $t_0$	$(t_{r}^{cp} - t_0)$	$(1-\eta)$	Втрати теплоти, Вт	
						По довжині, Вт/м	На ділянці, $\Delta Q$
1	2	3	4	5	6	7	8
Головна магістраль 1-2-3-....-19-20-21							
1	6,6	0,02	25	27,5	0,4	8,01	52,89
2	0,8	0,02	25	27,5	0,4	8,01	6,41
3	6,1	0,03	25	27,5	0,4	12,02	73,32
4	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
5	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
6	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
7	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
8	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
9	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
10	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68

1	2	3	4	5	6	7	8
11	17,8	0,038	5	47,5	0,4	26,30	468,11
12	0,6	0,047	5	47,5	0,4	32,53	19,52
13	10,6	0,058	5	47,5	0,4	40,14	425,48
14	0,3	0,058	5	47,5	0,4	40,14	12,04
15	10,6	0,058	5	47,5	0,4	40,14	425,48
16	0,6	0,058	5	47,5	0,4	40,14	24,08
17	14,8	0,058	5	47,5	0,4	40,14	594,06
18	6,2	0,058	5	47,5	0,4	40,14	248,86
19	7,2	0,058	5	47,5	0,4	40,14	289,00
20	3,7	0,074	5	47,5	0,4	51,21	189,48
21	15	0,074	5	47,5	0,4	51,21	768,18
Сумарні тепловтрати $\Delta Q_{1-21} = 3887,80$							
Ділянка 22-23-24-....-32-33							
22	0,9	0,02	25	27,5	0,4	8,01	7,21
23	1,1	0,02	25	27,5	0,4	8,01	8,81
24	0,5	0,02	25	27,5	0,4	8,01	4,01
25	4,4	0,03	25	27,5	0,4	12,02	52,89
26	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06



26	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
27	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
28	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
29	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
30	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
31	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
32	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
33	3,7	0,038	25	27,5	0,4	15,23	56,33
Сумарні тепловтрати $\Delta Q_{ст2} = 420,14$							
Ділянка 34-35-36...-43-44							
34	1,6	0,02	25	27,5	0,4	8,01	12,82
35	0,6	0,02	25	27,5	0,4	8,01	4,81
36	4,4	0,02	25	27,5	0,4	8,01	35,26
37	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
38	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
39	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
40	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
41	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06

1	2	3	4	5	6	7	8
42	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
43	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
44	3,7	0,038	25	27,5	0,4	15,23	56,33
Сумарні тепловтрати $\Delta Q_{\text{ст3}} = 380,87$							
Ділянка 45-46-...-56-57							
45	1,5	0,02	25	27,5	0,4	8,01	12,02
46	0,6	0,02	25	27,5	0,4	8,01	4,81
47	1,1	0,02	25	27,5	0,4	8,01	8,81
48	4,3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	51,69
49	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
50	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
51	3	0,03	25	27,5	0,4	12,02	36,06
52	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
53	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
54	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
55	3	0,038	25	27,5	0,4	15,23	45,68
56	16,4	0,038	5	47,5	0,4	26,30	431,29
57	5,3	0,047	5	47,5	0,4	32,53	172,39
Сумарні тепловтрати $\Delta Q_{45-57} = 971,89$							

ро-  
до-  
вже  
ння  
таб  
ли-  
ці  
2.3

## 2.6 Обґрунтування та вибір обладнання по забезпеченню нормативних характеристик системи гарячого водопостачання

### Підбір лічильника гарячої води

Лічильник обираємо по витраті гарячої води на ввіді в квартиру  $q_{\Gamma}^h$  та діаметру умовного проходу  $D_y$ , який в нашому випадку дорівнює 25 мм.

Визначаємо середньогодинну витрату води за добу на квартиру[28]:

$$q_{\Gamma}^h = \frac{q_{i.c.}^h \cdot U}{1000 \cdot T}, \quad (2.35)$$

де  $q_{i.c.}^h$  - норма витрати гарячої води одним споживачем на добу, 120 л/доб;

$U$  – кількість споживачів;

$T$  – кількість годин у добі, 24 год.

$$q_{\Gamma}^h = \frac{120 \cdot 3}{1000 \cdot 24} = 0,15 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Втрати напору в лічильнику визначаються за формулою[28]:

$$\Delta H_{\text{ліч}} = S \cdot (q_{\Gamma}^h), \quad (2.36)$$

де  $S$  – гідравлічний опір лічильника,  $S = 1,3 \text{ м/(л/с)}^2$ .

$$\Delta H_{\text{ліч}} = 1,3 \cdot 0,15^2 = 0,03 \text{ (м)}.$$

До встановлення приймаємо квартирний лічильник гарячої води Valtec VLF-R25.

### Підбір теплообмінника

Системи гарячого водопостачання забезпечується гарячою водою за рахунок теплообмінника, що встановлений на подавальному трубопроводі системи опалення. Загальне теплове навантаження на підготовку гарячої води складається із максимальної годинної витрати теплоти ( $Q_{\Gamma.в.}^{max} = 398183 \text{ кДж/год} = 110,6 \text{ кВт/год}$ ), втрат теплоти на головній магістралі та втрат теплоти по стояках системи[28]:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\Gamma.в.}^{max} + \Delta Q_{1-21} + \Delta Q_{45-57} + 6 \cdot \Delta Q_{\text{ст}2} + 3 \cdot \Delta Q_{\text{ст}3}. \quad (2.37)$$

$$Q_{\text{заг}} = 110,6 + 3,89 + 0,97 + 6 \cdot 0,42 + 3 \cdot 0,38 = 119,12 \text{ (кВт/год)}.$$

Приймаємо до встановлення теплообмінник Pahlen Maxi-Flo MF 400.

### **Підбір циркуляційного насоса**

Втрати тиску в системі гарячого водопостачання складають 26,55 м, необхідна витрата гарячої води 7,44 м<sup>3</sup>/год.

Для системи гарячого водопостачання підбираємо два циркуляційних насоси, один з яких робочий інший резервний. Приймаємо до встановлення насоси Wilo [27] типу GranoBloc-BL 65/120 з наступними параметрами (додаток Ж):

- витрата – 12 м<sup>3</sup>/год;
- напір – 29 м.

### **2.7 Обґрунтування та вибір обладнання для системи сонячних колекторів**

Для комбінованої системи тепlopостачання будинку приймаємо до встановлення плоскі сонячні колектори Вахі SB25+V[21] із такими технічними параметрами (додаток К):

- покриття поглинаючого матеріалу: селективне покриття;
- розміри (висота·ширина·товщина, мм): 2187·1147·87;
- вага (кг): 47;
- максимальний тиск(кПа): 1000;
- об'єм (л): 2,3;
- загальна площа поверхні (м<sup>2</sup>): 2,51;
- площа поглинаючої поверхні (м<sup>2</sup>): 2,35;
- коефіцієнт абсорбції поглинаючої поверхні (%): 95;
- оптичний ККД (%): 82,5;
- максимальна потужність (Вт): 1926.

### Визначення кількості сонячної енергії

При розрахунку кількості сонячної енергії, що падає на похилу поверхню на широті певної місцевості, необхідно знати кут падіння сонячних променів  $i$  на довільно орієнтовану поверхню (кут між нормаллю до площини колектора і сонячними променями, що падають в цю точку). Азимут похилої поверхні  $\alpha_n$  (кут між напрямком нормалі площини колектора по сторонах світу і напрямком на південь) і кут нахилу площини сонячного колектора до горизонту  $\beta$ .

Кут падіння сонячних променів  $i$  на довільно орієнтовану поверхню при кутах  $\alpha_n$  і  $\beta$ , заданих проектом, визначається за формулою [36]:

$$\cos i = \sin \beta \cdot [\cos \delta \cdot (\sin \varphi \cdot \cos \alpha_n \cdot \cos \omega + \sin \alpha_n \cdot \sin \omega) - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha_n] + \cos \beta \cdot (\cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi)$$

, (2.38)

де  $\varphi$  – широта місцевості;

$\delta$  – схилення (кутове положення Сонця відносно горизонтальної поверхні, залежно від пори року);

$\omega$  – годинний кут, рівний нулю опівдні для колекторів орієнтованих на південь, через кожну годину значення часового кута змінюється на 15[36]:

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin ((284 + n)/365),$$

(2.39)

де  $n$  – порядковий номер дня року (в якості  $n$  береться номер середнього розрахункового дня місяця для I - XII місяців року);

$$\omega = 180^\circ - 15^\circ \cdot \tau,$$

(2.40)

де  $\tau$  – час доби в годинах.

При проведенні теплових розрахунків сонячних колекторів необхідно врахувати, що при куті падіння прямого сонячного випромінювання на прозоре покриття сонячного колектора під кутом понад  $60^\circ$  пропускна здатність скла різко зменшується. Крім того, вираз (2.38) може бути використано для розрахунку можливого затінення геліополя від різного роду об'єктів, розташованих поблизу геліосистеми.

### Розрахунок питомої енергії теплового потоку

Величина питомого теплового потоку  $q'$ , Вт, що падає на  $1\text{ м}^2$  похилої площини поверхні сонячного колектора за кожну годину безхмарного дня, визначається за формулою[36]:

$$q' = H_B \cdot P_B + H_D \cdot P_D, \quad (2.41)$$

де  $H_B$  і  $H_D$  – питомий тепловий потік, Вт /  $\text{м}^2$ , прямого і розсіяного сонячного випромінювання, що падає на горизонтальну поверхню на широті  $\varphi$  даної місцевості;

$P_B$  і  $P_D$  – коефіцієнти положення сонячного колектора відносно прямої і розсіяної сонячної радіації, відповідно.

Коефіцієнти положення сонячного колектора можна розрахувати за формулами[36]:

$$P_B = \cos i / \sin \alpha, \quad (2.42)$$

$$P_D = (\cos^2 \beta) / 2, \quad (2.43)$$

де  $\alpha$  – кут висоти сонцестояння (кут в вертикальній площині між сонячним променем і його проекцією на горизонтальну площину). Величину  $P_B$  можна визначити таким співвідношенням[36]:

$$P_B = \frac{\cos Q_i}{\cos Q_z} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \varphi \cdot \sin \delta}, \quad (2.44)$$

де  $Q_i$ ,  $Q_z$  – кути падіння, відповідно, для похилої і горизонтальної поверхні.

Добуток коефіцієнта пропускання сонячного випромінювання світлопрозорою ізоляцією  $\tau$  і коефіцієнта поглинання абсорбера  $\alpha$  прийнято називати оптичним ККД або наведеною поглинальною здатністю,  $\tau\alpha$  розраховується за формулою[36]:

$$(\tau\alpha) = \frac{\tau \cdot \alpha}{1 - (1 - \alpha) \cdot \rho_d}, \quad (2.45)$$

де:  $\alpha$  – коефіцієнт поглинання абсорбера (наводиться виробником в технічних даних сонячного колектора);

$\tau$  – пропускна здатність прозорого покриття;

$\rho_d$  – дифузна відбивна здатність.

Для системи прозорого покриття (ПП) з одного листа скла  $\rho_d$  приблизно дорівнює 0,16.

Залежність пропускну здатності прозорого покриття сонячного колектора  $\tau$  від кута  $i$  зручно представити за допомогою формули[36]:

$$\tau = \tau_0 \cdot k, \quad (2.46)$$

де:  $\tau_0$  - пропускну здатність ПП при  $i = 0^\circ$  (наводиться виробником в технічних даних сонячного колектора);

$k$  - коефіцієнт, який визначається співвідношеннями[36]:

$$k = 1, \text{ якщо } i < 40^\circ,$$

$$k = 2,42691 - 0,08591 \cdot i + 0,00172 \cdot i^2 - 1,18432 \cdot 10^{-5} \cdot i^3, \text{ якщо } i \geq 40^\circ, \quad (2.47)$$

З огляду на залежності (2.43-2.45) вираз (2.41) для питомого потоку сонячної радіації що падає на абсорбер колектора, можна записати у вигляді[36]:

$$q' = H_B \cdot \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \varphi \cdot \sin \delta} \cdot \frac{\tau \cdot \alpha}{1 - (1 - \alpha) \cdot \rho_d} + H_D \cdot (\cos^2 \beta) / 2, \quad (2.48)$$

Таким чином, інтенсивність теплового потоку являє собою функцію часу року  $n$ , часу доби  $\tau$ , кута нахилу  $\beta$  і азимута сонячного колектора  $\alpha_n$ . Залежить від питомої теплового потоку, який несе з собою пряме  $H_B$  та розсіяне  $H_D$  сонячне випромінювання, що падає на широті  $\varphi$  даної місцевості на горизонтальну площину.

### Ефективний коефіцієнт тепловтрат

Важливою характеристикою сонячного колектора є його ефективний коефіцієнт тепловтрат  $\eta$ , який визначається як відношення теплопродуктивності сонячного колектора до падаючого на абсорбер потоку сонячної радіації. Залежність ефективного коефіцієнта тепловтрат колектора від різниці температур теплоносія, що нагрівається в ньому, і зовнішнього повітря при розрахункових умовах визначається за формулою[36]:

$$\eta_k = \eta_0 - \frac{k_1 \cdot (t_k - t_0)}{q'} - \frac{k_2 \cdot (t_k - t_0)^2}{q'}, \quad (2.49)$$

де  $\eta_0$  – коефіцієнт ефективності або внутрішньої конверсії колектора, що характеризує ефективність переносу поглиненого абсорбером сонячного випроміню-

вання до потоку теплоносія в трубах, залежить головним чином від конструкції колектора;

$k_1$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі;

$k_2$  – квадратичний коефіцієнт теплопередачі ( $\eta_0$ ,  $k_1$ ,  $k_2$  наводяться виробником в технічних даних СК);

$t_k$  – середня температура теплоносія в колекторі (визначається при проектуванні геліоустановки);

$t_0$  – середня температура навколишнього повітря в денні години розрахункового місяця, визначається за формулою[36]:

$$t_0 = t_{cp} + 0.5 \cdot A_t, \quad (2.50)$$

де  $t_{cp}$  і  $A_t$  – середньодобова температура повітря і максимальна амплітуда коливань добових температур розрахункового місяця.

Питомий тепловий потік, що сприймається абсорбером колектора за кожну годину безхмарного дня  $q$ , Вт/м, визначається за формулою[36]:

$$q = q' \cdot \eta_k \cdot \eta_1 \cdot \eta_2, \quad (2.51)$$

$\eta_1$  – коефіцієнт, що враховує ступінь прозорості атмосфери, його величина коливається від 0,8 у промислових районах до 1 в курортній зоні, для гірських курортів  $\eta_1 = 1,1$ ;

$\eta_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати тепла від сонячного колектора до споживача, величина цього коефіцієнта коливається від 0,85 для великих централізованих систем до 0,98 для локальних систем, або визначається розрахунком в залежності від теплоізоляції трубопроводів і температури теплоносія.

### **Теплові потоки що поглинаються геліоустановкою**

Середньодобовий питомий тепловий потік розрахункового місяця при безхмарному небі  $W_C$ , що поглинається геліоустановкою, дорівнює сумі значень теплових потоків, Вт/м<sup>2</sup>, розрахованих за формулою (2.51) для кожної години[36]:

$$W_C = \sum q_i, \quad (2.52)$$



Кількість теплової енергії  $W_M$ , кВт · год/м<sup>2</sup>, вироблена з квадратного метра сонячного колектора при реальних умовах хмарності, обчислюється окремо для кожного місяця роботи за формулою[36]:

$$W_M = z \cdot W_C \cdot \eta_0 \cdot \eta_z \cdot 10^{-3}, \quad (2.53)$$

де  $\eta_z$  – коефіцієнт, що враховує втрати, зумовлені нестационарним теплообміном при мінливій хмарності рекомендується приймати = 0,9;

$z$  – кількість днів у місяці;

$\eta_0$  – коефіцієнт, що враховує реальні умови хмарності, обчислюється за формулою[36]:

$$\eta_0 = \frac{\Sigma H_P}{\Sigma(H_B + H_D)}, \quad (2.54)$$

де  $\Sigma H_P$  – сумарна енергія прямого і розсіяного сонячного випромінювання, що падає на горизонтальну поверхню в населеному пункті за добу при реальних умовах хмарності (дані наводяться в кліматичних довідниках);

$\Sigma(H_B + H_D)$  - сумарна енергія прямого і розсіяного сонячного випромінювання, що падає на горизонтальну поверхню на широті населеного пункту за добу при безхмарному небі.

Річне питоме вироблення тепла  $W_G$ , кВт · год / м<sup>2</sup>, визначається як сумарна кількість теплової енергії, виробленої в кожному місяці[36]:

$$W_C = \Sigma W_M. \quad (2.55)$$

### 2.7.1 Розрахунок оптимального кута нахилу сонячного колектора

Для дослідження залежності поглинальної здатності та абсорбера від кута падіння сонячних променів був взятий плоский сонячний колектор Вахі SB25+V[21]. При цьому проводилося визначення оптимального кута нахилу колектора для трьох режимів роботи геліосистеми проєктованої в м. Вінниця:

- для гарячого водопостачання (теплий період року);
- для ГВП (перехідний період року);
- для ГВП та підтримки опалення (холодний період року).

Обчислення виконувалися за допомогою програми Excel, значення кутів тригонометричних функцій задавалися значеннями, вираженими в радіанах.

З формул (2.45-2.47) слідує, що при розрахункових значеннях теплотехнічних параметрів колектора Вахі SB25+V:

- дифузна відбивна здатність  $\rho_d = 0,16$ , для одношарового прозорого покриття;

- коефіцієнт поглинання абсорбера  $\alpha = 0,95$ ;

- пропускна здатність прозорого покриття  $\tau_0 = 0,95$ , при  $i = 0^\circ$ .

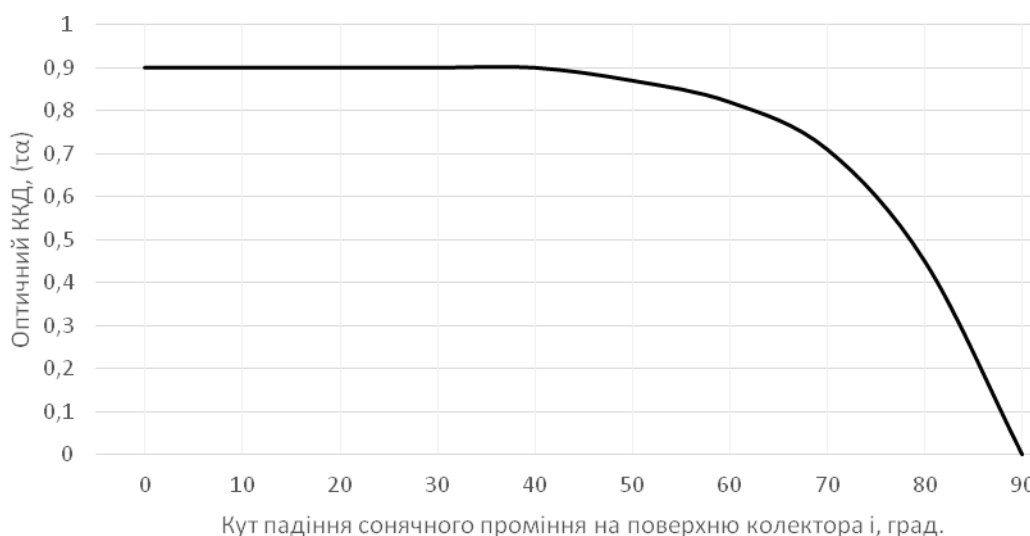


Рис.2.5 – Залежність поглинальної здатності абсорбера колектора Вахі SB25+V від кута падіння сонячного проміння

На рис. 2.5 наведена залежність, отримана за формулою (2.45) для абсорбера плоского сонячного колектора Вахі SB25+V.

Максимальна теплопродуктивність сонячної установки досягається при оптимальному значенні кута нахилу сонячного колектора  $\beta$ , значення якого залежить від сезону роботи установки. При визначенні оптимального значення кута нахилу розраховувалися усереднені значення питомої добової теплопродуктивності  $W_{cp}$ , кВт·год/добу, плоского сонячного колектора Вахі SB25+V для трьох режимів роботи, з кроком кута нахилу колектора  $h = 10^\circ$  [36]:

$$W_{cp}(\beta) = \frac{1}{i \cdot z} \sum W_m, \quad (2.56)$$

де  $i$  – місяці року;

$z$  – кількість днів у місяці.

Для розрахункових умов міста Вінниця середньодобова кількість теплової енергії  $W_M$ , кВт·год/м<sup>2</sup>, вироблена квадратним метром сонячного колектора при реальних умовах хмарності для трьох режимів роботи геліосистеми в залежності від кута нахилу наведена в табл. 2.4.

Табл.2.4 – Питома кількість середньодобової теплової енергії для різних кутів нахилу колектора, Вт · год / м<sup>2</sup>

Період роботи	Кут нахилу поверхні сонячного колектора $\beta$ , град								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Рік	1647	1853	1973	2008	1952	1810	1583	1294	957
Теплий	2385	2451	2416	2282	2044	1724	1311	878	432
Перехідний	1973	2139	2209	2190	2071	1863	1565	1209	814
Холодний	874	1214	1468	1670	1783	1821	1764	1652	1448

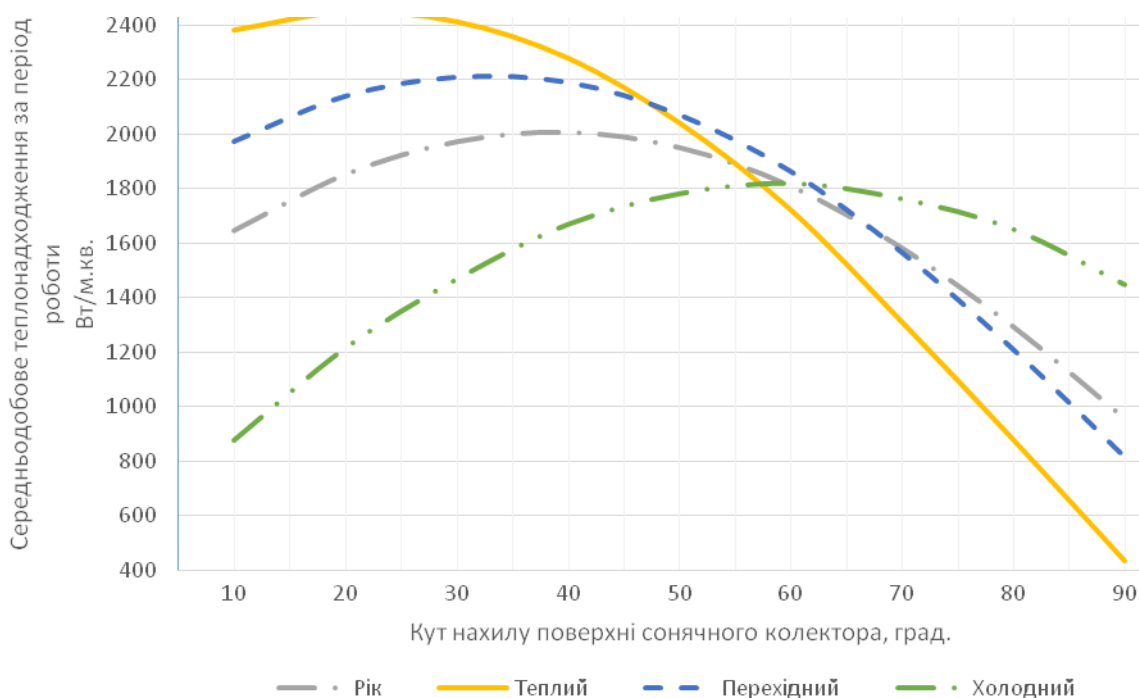


Рис. 2.6 – Залежність усереднених значень питомої добової теплопродуктивності плоского СК від кута нахилу колектора

На рис. 2.6 приведена залежність середніх значень питомої добової теплопродуктивності плоского сонячного колектора Вахі SB25+V від кута його нахилу для різних режимів роботи геліоустановки при розрахункових умовах.

З графіків видно, що значення  $W_M$  для кожного режиму роботи за інших рівних умов має свій, явно виражений максимум, який відповідає оптимальному значенню кута нахилу сонячного колектора.

Значення оптимального кута нахилу СК, визначені традиційно прийнятим способом приводиться в довідковій літературі, для систем цілорічної дії кут  $\beta$  дорівнює широті місцевості  $\varphi$ , для систем, що працюють тільки в опалювальний сезон  $\beta = \varphi + 15^\circ$ , і для систем, що працюють тільки в літній період  $\beta = \varphi - 15^\circ$ . Оптимальні значення кутів нахилу  $\beta$  сонячного колектора представлені в табл. 2.5.

Табл.2.5 – Оптимальні кути нахилу сонячного колектора для розрахункових умов м. Вінниця

Спосіб розрахунку	Кути нахилу ( $\beta$ ) площини сонячного колектора, для різних режимів роботи установки, град.			
	Літній період	Перехідний період	На протязі року	Зимовий період
Традиційний	34	34	49	64
Наведений в розрахунках	26	38	42	66

Річна теплопродуктивність  $1 \text{ м}^2$  сонячного колектора Вахі SB25+V,  $W_{Г}$ , при розрахункових параметрах Вінниці, з оптимальними кутами нахилу,  $\beta$ , для трьох сезонних режимів роботи сонячної установки, наведена на рис. 2.7. З графіка видно, що, збільшуючи кут нахилу СК, можна знизити потужність теплового потоку, що знімається геліоустановкою в літні місяці і підвищити в зимові. Сумарна за рік питома тепла потужність сонячного колектора при цьому змінюється незначно. Підвищити її можливо сезонною зміною кута нахилу колекторів або системою пристроїв, що стежать за рухом сонця і відповідно до нього змінюють положення колекторного поля.

Таким чином, оптимальні значення кута нахилу  $\beta$  сонячного колектора Вахі SB20+ в умовах Вінниці складають:

для теплого періоду року -  $26^\circ$ ;

для перехідного періоду -  $38^\circ$ ;

для холодного періоду -  $66^\circ$ .

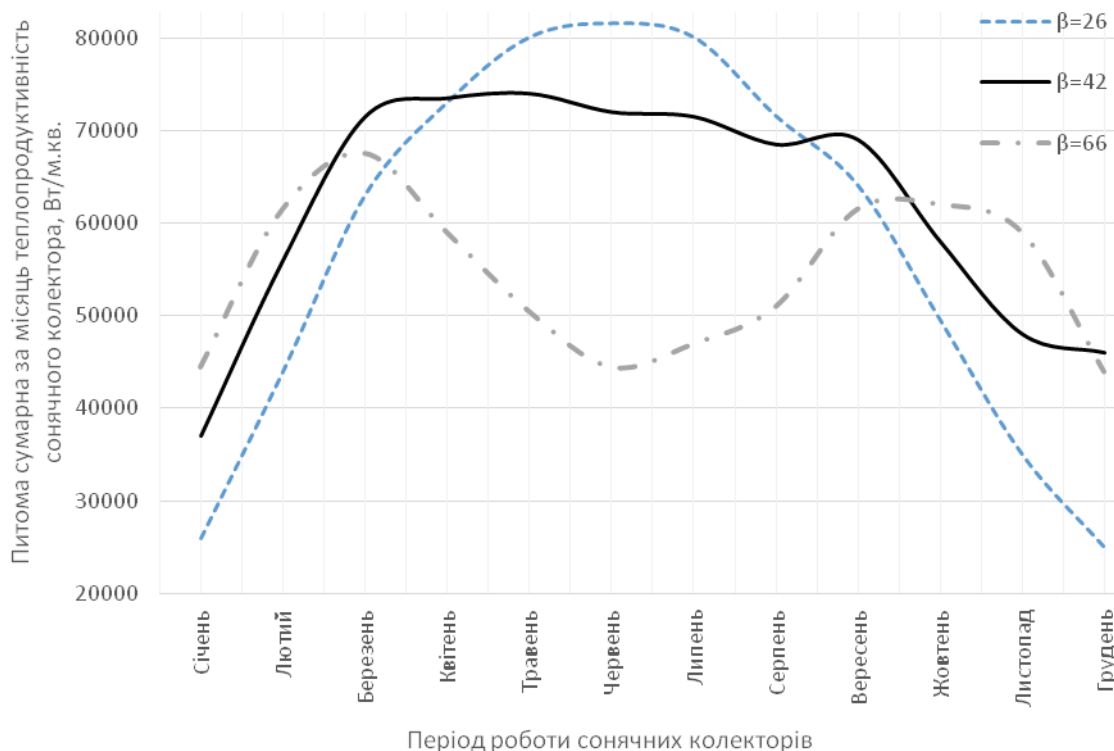


Рис. 2.7 – Теплопродуктивність сонячного колектора при оптимальних кутах нахилу

Отже, відповідно до розрахунків наведених вище обираємо до встановлення постійну величину кута нахилу сонячних колекторів в  $42^\circ$ , оскільки використання системи із змінними кутами нахилу високовартісне і недоцільне у даному будинку. При такій величині кута буде забезпечуватись максимальний відбір теплоти упродовж року.

### Відстань між рядами сонячних колекторів

Відстань між рядами сонячних колекторів розраховується з рівності[21]:

$$\frac{z}{h} = \frac{\sin(180^\circ - (\alpha + \beta))}{\sin\beta}, \quad (2.57)$$

де:  $z$  – відстань між рядами колекторів, м;

$h$  – висота колектора, м;

$\alpha$  – кут висоти сонцестояння;

$\beta$  – кут нахилу колектора.

Місто Вінниця знаходиться приблизно під  $49^\circ$  північної широти[8]. В північній півкулі це значення віднімається від постійного кута  $66,5^\circ$ [8], тоді:

$$\alpha = 66,5 - 49 = 17,5^\circ$$

Тоді відстань між рядами:

$$z = \frac{\sin(180^\circ - (42 + 17,5))}{\sin 17,5} \cdot 2,187 = 6,27 \text{ (м)}.$$

Приймаємо відстань  $z = 6,3$  м.

Сонячні колектори розміщуємо на даху секціями по 9 колекторів у ряди, загальною кількістю 118шт (аркуш 2).

### **2.7.2 Розрахунок заміщення потреб теплової енергії будинку за рахунок сонячних колекторів**

Для розрахунку заміщення потреб у тепловій енергії будинку за рахунок теплоти, що надходить від сонячних колекторів, необхідно знати наступні параметри:

- теплопродуктивність геліоустановки для кожного місяця року за формулою 2.53,  $W_M$ , кВт·год;

- тепловтрати будинку за кожен місяць опалювального періоду,  $Q_3$ , кВт·год (дод.А);

- теплове навантаження на підготовку гарячої води (2.32),  $Q_{Г.В.}$ , кВт·год.

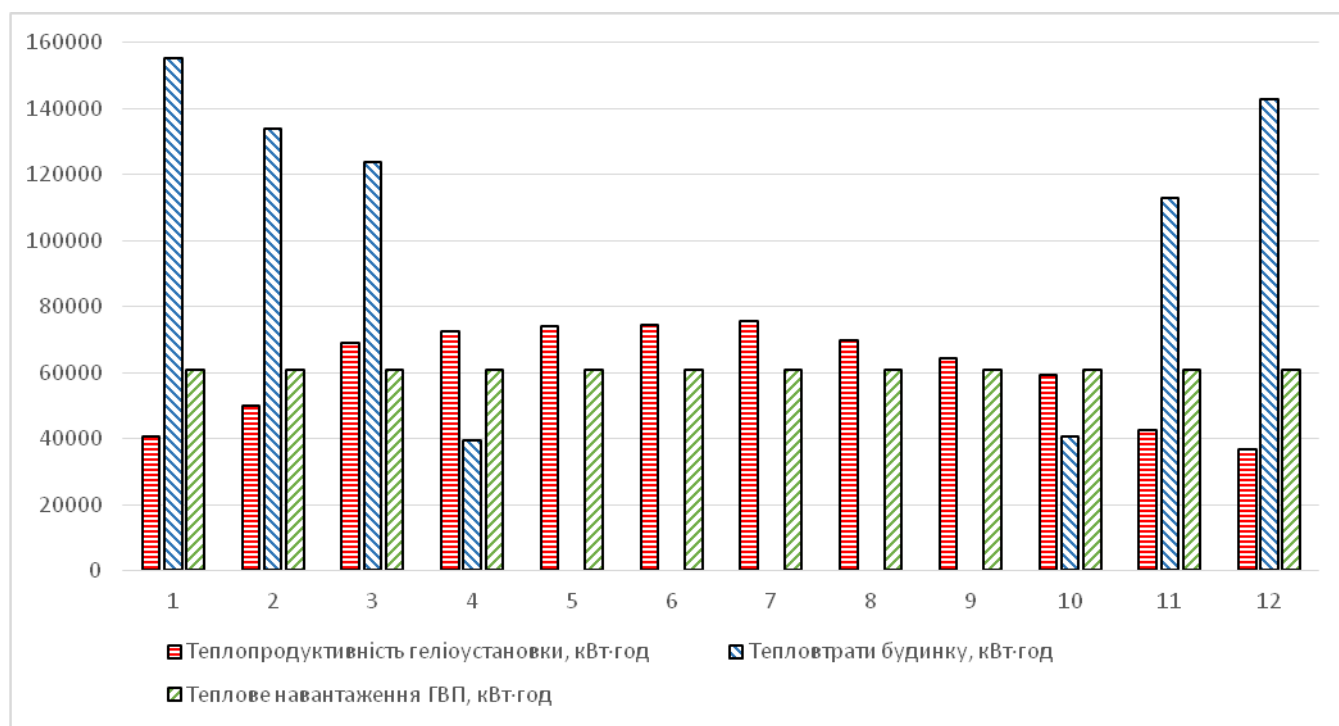
Геліоустановка складається із 118 сонячних колекторів Вахі SB25+V, тому загальна площа поглинальної поверхні дорівнює:

$$F_{\text{сон.кол.}} = 118 \cdot 2,35 = 277,3 \text{ м}^2.$$

Розрахунок теплопродуктивності геліоустановки для кожного місяця проводимо в MS Excel. Результати розрахунку наведені в таблиці 2.6.

Табл. 2.6 – Кількість теплової енергії, що витрачається системою теплопо-

Місяць року	Теплопродуктивність геліоустановки $W_M$ , кВт·год	Тепловтрати будинку $Q_3$ , кВт·год	Теплове навантаження ГВП $Q_{Г.В.}$ , кВт·год	$W_M - (Q_3 + Q_{Г.В.})$ , кВт·год
1	40543,6	155431,3	61052	-175930
2	50012,2	133798,6	61052	-144828
3	69140,1	123992,8	61052	-115892
4	72571,7	39351,6	61052	-27815
5	74033,3	0	61052	+12989
6	74414,6	0	61052	+13374
7	75812,7	0	61052	+14774
8	69966,3	0	61052	+8925
9	64183,4	0	61052	+3144
10	59163,1	40709,2	61052	-42585
11	42767,7	112931,3	61052	-131195
12	36667,1	143079,4	61052	-167447
Всього	729319	749323	732624	-752486



стачання будинку та енергії, що надходить від геліоустановки

Рис. 2.8 – Графік теплонадходжень та тепловитрат будинку в залежності від місяця року

В таблиці 2.6 знак «+» означає, що за даний період геліосистемою виробляється надлишок теплової енергії для системи теплопостачання, знак «-» - недостача теплової енергії, яка покриваються конденсаційним котлом.

З результатів проведених розрахунків видно, що витрати теплової енергії системою ГВП будуть повністю покриватись геліосистемою у період з березня по жовтень, а відповідно надлишки виробленої енергії будуть направлятись в систему опалення (в період з березня по квітень).

## **2.8 Моделювання та оцінка надійності комбінованої енергоефективної системи теплопостачання**

### **2.8.1 Моделювання інтелектуальної підтримки оцінювання експлуатаційної надійності системи**

Метод нечіткої логіки як взаємозв'язана сукупність математичних моделей дозволяє використовувати експертно-лінгвістичну інформацію для прогнозування технічного стану внутрішньо будинкових магістралей для теплоносія в залежності від факторів, що його обумовлюють. Такими основними факторами є: проектні рішення, якість будівельно-монтажних робіт та експлуатаційні параметри системи. Для встановлення ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на технічний стан системи теплопостачання виконана їх класифікація (рис.2.9).

Розглядаючи надійність системи теплопостачання на системному рівні, лінгвістичну змінну  $A_{стп}$ , що характеризує вплив на технічний стан системи теплопостачання, можна представити у вигляді співвідношення:

$$A_{стп} = f(X; Y; Z), \quad (2.58)$$

де  $X$  – лінгвістична змінна (ЛЗ), що описує науково-технічний рівень проектних рішень;

$Y$  – ЛЗ, що описує якість будівельно-монтажних робіт;

$Z$  – ЛЗ, що описує технічні умови експлуатації системи.

Лінгвістична змінна, що описує науково-технічний рівень проектних рішень, може бути представлена виразом:

$$X = f_x(x_1; x_2; x_3; x_4; x_5) \quad (2.59)$$



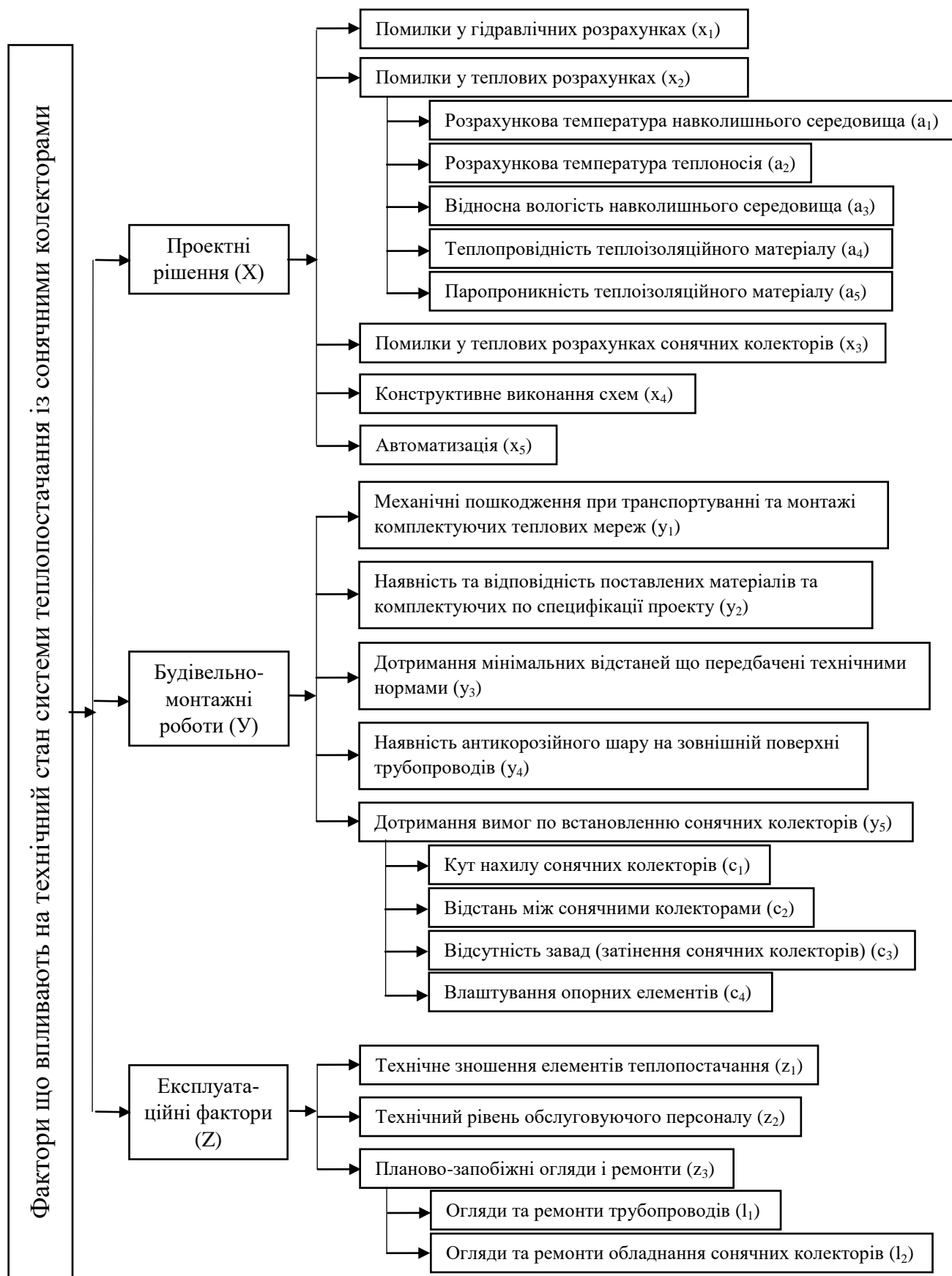


Рис 2.9 – Класифікація ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на технічний стан системи тепlopостачання

Лінгвістична змінна, що описує якість будівельно-монтажних робіт може бути представлена виразом:

$$Y = f_y(y_1; y_2; y_3; y_4; y_5) \quad (2.60)$$

Лінгвістична змінна, що описує технічні умови експлуатації системи може бути представлена виразом:

$$Z = f_z(z_1; z_2; z_3; z_4; z_5) \quad (2.61)$$

Тоді:

$$x_2 = f_{x_2}(a_1; a_2; a_3; a_4; a_5) \quad (2.62)$$

$$y_5 = f_{y_5}(c_1; c_2; c_3; c_4) \quad (2.63)$$

$$z_4 = f_{z_4}(l_1; l_2) \quad (2.64)$$

Табл. 2.7 – Фактори впливу як лінгвістичні змінні

Позначення та назва змінної	Універсальна множина	Терми для оцінки
1	2	3
$x_1$ – помилки у гідравлічних розрахунках	1...5 бали	грубі, вище середніх, середні, нижче середніх, відсутні
$a_1$ – розрахункова температура навколишнього середовища	$\pm 5^\circ$	низька, середня, висока
$a_2$ – розрахункова температура теплоносія	40...90°C	низька, середня, висока
$a_3$ – відносна вологість навколишнього середовища	0...100%	низька, середня, висока
$a_4$ – теплопровідність теплоізоляційного матеріалу	$\lambda=0,035...0,07$ Вт/(м·К)	низька, середня, висока
$a_5$ – паропроникність теплоізоляційного матеріалу	$M=0...0,5$ мг/(м·год·Па)	низька, середня, висока
$x_3$ – помилки у теплових розрахунках сонячних колекторів	1...5 бали	грубі, вище середніх, середні, нижче середніх, відсутні
$x_4$ – конструктивне виконання схем	1...3 бали	низьке, середнє, високе
$x_5$ – автоматизація	1...3 бали	відсутня, часткова, повна
$y_1$ – механічні пошкодження при транспортуванні та монтажі комплектуючих теплових мереж	0...40%	відсутні, частково присутні, присутні
$y_2$ – наявність та відповідність поставлених матеріалів та комплектуючих по специфікації проекту	1...3 бали	відсутня, часткова, повна

1	2	3
$c_2$ – відстань між сонячними колекторами	0...4 м	недостатня, мінімально допустима, задовільна
$c_3$ – відсутність завад (затінення сонячних колекторів)	0...100%	низька, середня, висока
$c_4$ – рівень влаштування опорних елементів	60...100%	низький, середній, високий
$z_1$ – технічне зношення елементів теплопостачання	0...50%	відсутнє, часткове, повне
$z_2$ – технічний рівень обслуговуючого персоналу	1...3 бали	низький, середній, високий
$l_1$ – огляди та ремонти трубопроводів	10...100%	відсутні, частково відсутні, присутні
$l_2$ – огляди та ремонти обладнання сонячних колекторів	10...100%	відсутні, частково відсутні, присутні
$u_3$ – дотримання мінімальних відстаней що передбачені технічними нормами	70...100%	низьке, середнє, високе
$u_4$ – наявність антикорозійного шару на зовнішній поверхні трубопроводів	1...3 бали	відсутній, частково відсутній, присутній
$c_1$ – кут нахилу сонячних колекторів	30-55°	низький, середній, високий

Продовження таблиці 2.7

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (2.58) наведена в табл. 2.8.

Табл. 2.8 – Матриця знань залежності (2.58)

ЯКЩО			ТО
Проектні рішення (X)	Будівельно-монтажні роботи (Y)	Експлуатація системи (Z)	Технічний стан системи теплопостачання (АСТП)
Низькі (Н)	Низькі (Н)	Низька (Н)	Низький (Н)
Нижче середніх (нС)	Низькі (Н)	Низька (Н)	
Низькі (Н)	Низькі (Н)	Нижче середнього (нС)	

Низькі (Н)	Середні (С)	Середня (С)	Нижче середнього (нС)
Середні (С)	Нижче середніх (нС)	Нижче середнього (нС)	
Нижче середніх (нС)	Низькі (Н)	Нижче середнього (нС)	
Нижче середніх (нС)	Середні (С)	Середня (С)	Середній (С)
Середні (С)	Нижче середніх (нС)	Середня (С)	
Середні (С)	Вище середніх (вС)	Нижче середнього (нС)	
Середні (С)	Вище середніх (вС)	Вище середнього (вС)	Вище середньої (вС)
Вище середніх (вС)	Середні (С)	Висока (В)	
Середні (С)	Середні (С)	Висока (В)	
Високі (В)	Вище середніх (вС)	Висока (В)	Високий (В)
Вище середніх (вС)	Високі (В)	Висока (В)	
Високі (В)	Високі (В)	Висока (В)	

Технічний стан системи тепlopостачання із сонячними колекторами

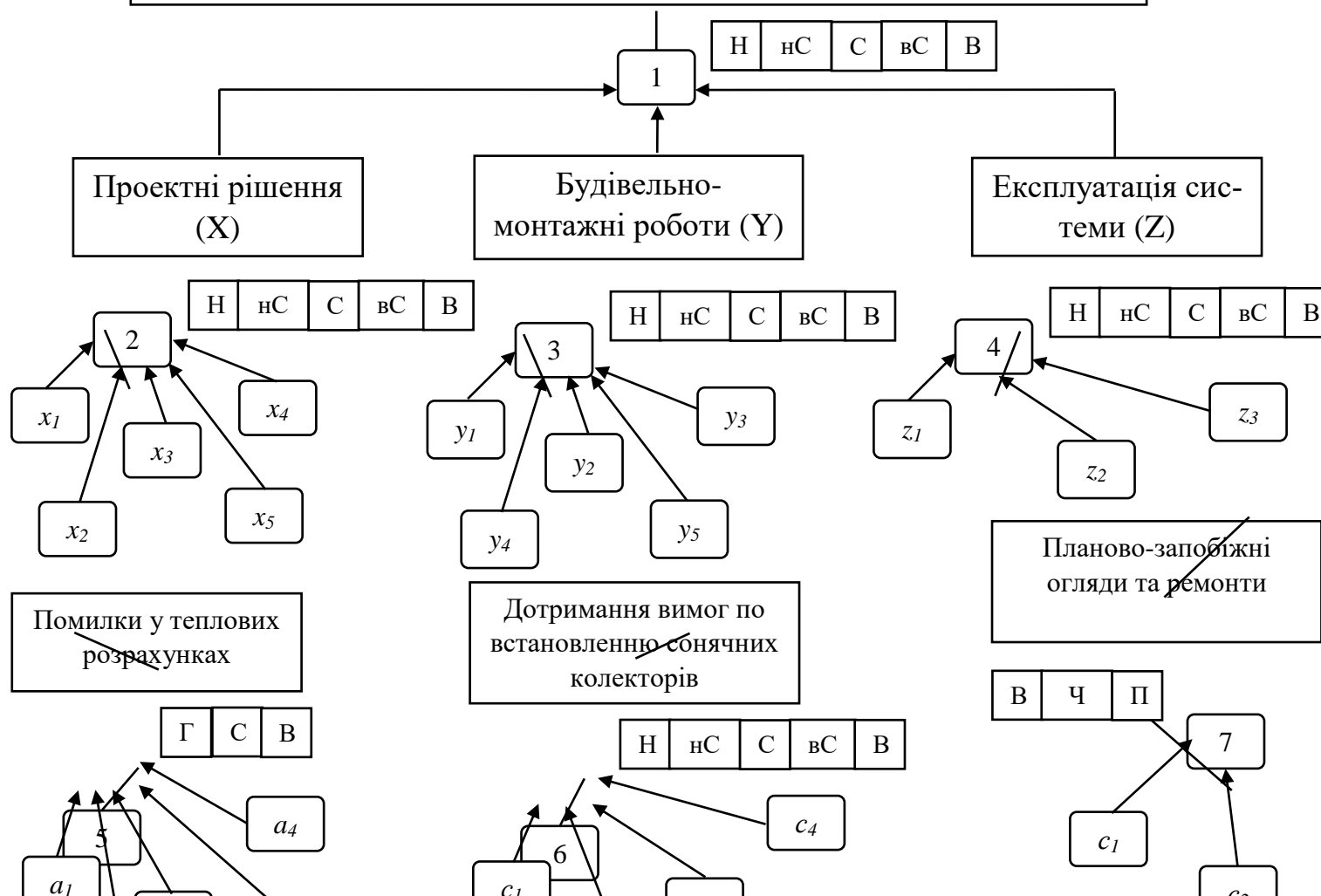


Рис. 2.10 – Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на технічний стан системи тепlopостачання із сонячними колекторами

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.8 відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_H(A_{\text{СТП}}) = \mu_H(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \mu_{\text{HC}}(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_H(Z) \vee \mu_H(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_{\text{HC}}(Z)$$

$$\mu_{\text{HC}}(A_{\text{СТП}}) = \mu_H(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_{\text{HC}}(Y) \wedge \mu_{\text{HC}}(Z) \vee \mu_{\text{HC}}(X) \wedge \mu_H(Y) \wedge \mu_{\text{HC}}(Z)$$

$$\mu_C(A_{\text{СТП}}) = \mu_{\text{HC}}(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_{\text{HC}}(Y) \wedge \mu_C(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_{\text{BC}}(Y) \wedge \mu_{\text{BC}}(Z)$$

$$\mu_{\text{BC}}(A_{\text{СТП}}) = \mu_C(X) \wedge \mu_{\text{BC}}(Y) \wedge \mu_{\text{BC}}(Z) \vee \mu_{\text{BC}}(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_{\text{BC}}(Z) \vee \mu_C(X) \wedge \mu_C(Y) \wedge \mu_{\text{BC}}(Z)$$

$$\mu_B(A_{\text{СТП}}) = \mu_B(X) \wedge \mu_{\text{BC}}(Y) \wedge \mu_B(Z) \vee \mu_{\text{BC}}(X) \wedge \mu_B(Y) \wedge \mu_B(Z) \vee \mu_B(X) \wedge \mu_B(Y) \wedge \mu_B(Z)$$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (2.59) наведена в табл. 2.9

Табл. 2.9 – Матриця знань залежності (2.59)

ЯКЩО					ТО
Помилки у гідравлічних розрахунках (x <sub>1</sub> )	Помилки у теплових розрахунках (x <sub>2</sub> )	Помилки у теплових розрахунках сонячних колекторів (x <sub>3</sub> )	Конструктивне виконання схем (x <sub>4</sub> )	Автоматизація (x <sub>5</sub> )	Проектні рішення (X)
1	2	3	4	5	6
Грубі (Г)	Грубі (Г)	Грубі (Г)	Низьке (Н)	Відсутня (В)	Низький (Н)
Грубі (Г)	Вище середніх (ВС)	Грубі (Г)	Середнє (С)	Відсутня (В)	
Грубі (Г)	Вище середніх (ВС)	Вище середніх (ВС)	Низьке (Н)	Відсутня (В)	
Вище середніх (ВС)	Вище середніх (ВС)	Вище середніх (ВС)	Низьке (Н)	Часткова (Ч)	Нижче середнього (НС)
Грубі (Г)	Вище середніх (ВС)	Вище середніх (ВС)	Низьке (Н)	Часткова (Ч)	
Часткова (Ч)	Грубі (Г)	Середні (С)	Середнє (С)	Відсутня (В)	

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6
Середні (С)	Нижче середніх (НС)	Середні (С)	Середнє (С)	Відсутня (В)	Середній (С)
Середні (С)	Середні (С)	Нижче середніх (НС)	Середнє (С)	Часткова (Ч)	
Нижче середніх (НС)	Нижче середніх (НС)	Середні (С)	Середнє (С)	Часткова (Ч)	
Відсутні (В)	Відсутні (В)	Середні (С)	Середнє (С)	Часткова (Ч)	Вище середньої (ВС)
Нижче середніх (НС)	Нижче середніх (НС)	Нижче середніх (НС)	Середнє (С)	Повна (П)	
Відсутні (В)	Нижче середніх (НС)	Нижче середніх (НС)	Високе (В)	Часткова (Ч)	
Відсутні (В)	Відсутні (В)	Відсутні (В)	Часткова (Ч)	Часткова (Ч)	Високий (В)
Нижче середніх (НС)	Відсутні (В)	Відсутні (В)	Високе (В)	Повна (П)	
Відсутні (В)	Відсутні (В)	Відсутні (В)	Високе (В)	Повна (П)	

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.9 відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_{\text{Н}}(X) = \mu_{\text{Г}}(x_1) \wedge \mu_{\text{Г}}(x_2) \wedge \mu_{\text{Г}}(x_3) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_4) \wedge \mu_{\text{В}}(x_5) \vee \mu_{\text{Г}}(x_1) \wedge \mu_{\text{ВС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{Г}}(x_3) \wedge \mu_{\text{С}}(x_4) \wedge \mu_{\text{В}}(x_5) \vee \mu_{\text{Г}}(x_1) \wedge \mu_{\text{ВС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{ВС}}(x_3) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_4) \wedge \mu_{\text{В}}(x_5)$$

$$\mu_{\text{НС}}(X) = \mu_{\text{ВС}}(x_1) \wedge \mu_{\text{ВС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{ВС}}(x_3) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Ч}}(x_5) \vee \mu_{\text{Г}}(x_1) \wedge \mu_{\text{ВС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{ВС}}(x_3) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Ч}}(x_5) \vee \mu_{\text{Ч}}(x_1) \wedge \mu_{\text{Г}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \wedge \mu_{\text{С}}(x_4) \wedge \mu_{\text{В}}(x_5)$$

$$\mu_{\text{С}}(X) = \mu_{\text{С}}(x_1) \wedge \mu_{\text{НС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \wedge \mu_{\text{С}}(x_4) \wedge \mu_{\text{В}}(x_5) \vee \mu_{\text{С}}(x_1) \wedge \mu_{\text{С}}(x_2) \wedge \mu_{\text{НС}}(x_3) \wedge \mu_{\text{С}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Ч}}(x_5) \vee \mu_{\text{НС}}(x_1) \wedge \mu_{\text{НС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \wedge \mu_{\text{С}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Ч}}(x_5)$$

$$\mu_{\text{ВС}}(X) = \mu_{\text{В}}(x_1) \wedge \mu_{\text{В}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \wedge \mu_{\text{С}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Ч}}(x_5) \vee \mu_{\text{НС}}(x_1) \wedge \mu_{\text{НС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{НС}}(x_3) \wedge \mu_{\text{В}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Ч}}(x_5) \vee \mu_{\text{В}}(x_1) \wedge \mu_{\text{НС}}(x_2) \wedge \mu_{\text{НС}}(x_3) \wedge \mu_{\text{В}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Ч}}(x_5)$$

$$\mu_{\text{В}}(X) = \mu_{\text{В}}(x_1) \wedge \mu_{\text{В}}(x_2) \wedge \mu_{\text{В}}(x_3) \wedge \mu_{\text{Ч}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Ч}}(x_5) \vee \mu_{\text{НС}}(x_1) \wedge \mu_{\text{В}}(x_2) \wedge \mu_{\text{В}}(x_3) \wedge \mu_{\text{В}}(x_4) \wedge \mu_{\text{П}}(x_5) \vee \mu_{\text{В}}(x_1) \wedge \mu_{\text{В}}(x_2) \wedge \mu_{\text{В}}(x_3) \wedge \mu_{\text{В}}(x_4) \wedge \mu_{\text{П}}(x_5)$$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (2.60) наведена в табл. 2.10

Табл. 2.10 – Матриця знань залежності (2.60)

ЯКЩО					ТО
Температурна залежність (a <sub>1</sub> )	Розрахункова температура теплоносія (a <sub>2</sub> )	Відносна вологість навколишнього середовища (a <sub>3</sub> )	Теплопровідність теплоізоляційного матеріалу (a <sub>4</sub> )	Паропроникність теплоізоляційного матеріалу (a <sub>5</sub> )	Помилки у теплових розрахунках (x <sub>2</sub> )
Висока (В)	Середня (С)	Низька (Н)	Висока (В)	Низька (Н)	Грубі (Г)
Висока (В)	Низька (Н)	Низька (Н)	Висока (В)	Низька (Н)	
Середня (С)	Середня (С)	Низька (Н)	Висока (В)	Низька (Н)	
Висока (В)	Середня (С)	Середня (С)	Висока (В)	Середня (С)	Середні (С)
Середня (С)	Середня (С)	Середня (С)	Середня (С)	Середня (С)	
Середня (С)	Низька (Н)	Середня (С)	Середня (С)	Низька (Н)	
Висока (В)	Середня (С)	Середня (С)	Низька (Н)	Висока (В)	Відсутні (В)
Висока (В)	Висока (В)	Висока (В)	Низька (Н)	Висока (В)	
Висока (В)	Висока (В)	Висока (В)	Низька (Н)	Середня (С)	

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.10 відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_{\Gamma}(x_2) = \mu_{\text{В}}(x_1) \wedge \mu_{\text{С}}(x_2) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_3) \wedge \mu_{\text{В}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_5) \vee \mu_{\text{В}}(x_1) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_2) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_3) \wedge \mu_{\text{В}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_5) \vee \mu_{\text{С}}(x_1) \wedge \mu_{\text{С}}(x_2) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_3) \wedge \mu_{\text{В}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_5)$$

$$\mu_{\text{С}}(x_2) = \mu_{\text{В}}(x_1) \wedge \mu_{\text{С}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \wedge \mu_{\text{В}}(x_4) \wedge \mu_{\text{С}}(x_5) \vee \mu_{\text{С}}(x_1) \wedge \mu_{\text{С}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \wedge \mu_{\text{С}}(x_4) \wedge \mu_{\text{С}}(x_5) \vee \mu_{\text{С}}(x_1) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \wedge \mu_{\text{С}}(x_4) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_5)$$

$$\mu_{\text{В}}(x_2) = \mu_{\text{Н}}(x_1) \wedge \mu_{\text{С}}(x_2) \wedge \mu_{\text{С}}(x_3) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_4) \wedge \mu_{\text{В}}(x_5) \vee \mu_{\text{Н}}(x_1) \wedge \mu_{\text{В}}(x_2) \wedge \mu_{\text{В}}(x_3) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_4) \wedge \mu_{\text{В}}(x_5) \vee \mu_{\text{Н}}(x_1) \wedge \mu_{\text{В}}(x_2) \wedge \mu_{\text{В}}(x_3) \wedge \mu_{\text{Н}}(x_4) \wedge \mu_{\text{С}}(x_5)$$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (2.61) наведена в табл. 2.11



Табл. 2.11 – Матриця знань залежності (2.61)

ЯКЩО					ТО
Механічні пошкодження при транспортуванні та монтажі комплектуючих теплових мереж (у <sub>1</sub> )	Наявність та відповідність поставлених матеріалів та комплектуючих по специфікації проекту (у <sub>2</sub> )	Дотримання мінімальних відстаней що передбачені технічними нормами (у <sub>3</sub> )	Наявність антикорозійного шару на зовнішній поверхні трубопроводів (у <sub>4</sub> )	Дотримання вимог по встановленню сонячних колекторів (у <sub>5</sub> )	Будівельно-монтажні роботи (У)
1	2	3	4	5	6
Присутні (П)	Відсутня (В)	Низьке (Н)	Відсутній (В)	Низьке (Н)	Низький (Н)
Присутні (П)	Часткова (Ч)	Низьке (Н)	Відсутній (В)	Низьке (Н)	
Частково присутні (чП)	Відсутня (В)	Низьке (Н)	Відсутній (В)	Нище середнього (нС)	
Присутні (П)	Відсутня (В)	Середнє (С)	Частково відсутній (чВ)	Низьке (Н)	Нище середнього (нС)
Присутні (П)	Часткова (Ч)	Середнє (С)	Частково відсутній (чВ)	Нище середнього (нС)	
Частково присутні (чП)	Часткова (Ч)	Середнє (С)	Відсутній (В)	Низьке (Н)	
Присутні (П)	Часткова (Ч)	Середнє (С)	Частково відсутній (чВ)	Середнє (С)	Середній (С)
Частково присутні (чП)	Часткова (Ч)	Середнє (С)	Частково відсутній (чВ)	Середнє (С)	
Відсутні (В)	Часткова (Ч)	Середнє (С)	Частково відсутній (чВ)	Середнє (С)	Середній (С)
Середнє (С)	Повна (П)	Середнє (С)	Частково відсутній (чВ)	Середнє (С)	Вище середньої (вС)
Відсутні (В)	Повна (П)	Середнє (С)	Частково відсутній (чВ)	Вище середнього (вС)	
Відсутні (В)	Часткова (Ч)	Високе (В)	Присутній (П)	Вище середнього (вС)	Високий (В)
Відсутні (В)	Часткова (Ч)	Високе (В)	Присутній (П)	Високе (В)	
Середнє (С)	Повна (П)	Високе (В)	Присутній (П)	Високе (В)	
Відсутні (В)	Повна (П)	Високе (В)	Присутній (П)	Високе (В)	

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.11 відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_H(Y) = \mu_{\Pi}(y_1) \wedge \mu_B(y_2) \wedge \mu_H(y_3) \wedge \mu_B(y_4) \wedge \mu_H(y_5) \vee \mu_{\Pi}(y_1) \wedge \mu_{\text{ч}}(y_2) \wedge \mu_H(y_3) \wedge \mu_B(y_4) \wedge \mu_H(y_5) \vee \mu_{\text{ч}\Pi}(y_1) \wedge \mu_B(y_2) \wedge \mu_H(y_3) \wedge \mu_B(y_4) \wedge \mu_{\text{нс}}(y_5)$$

$$\mu_{\text{нс}}(Y) = \mu_{\Pi}(y_1) \wedge \mu_B(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_{\text{чВ}}(y_4) \wedge \mu_H(y_5) \vee \mu_{\Pi}(y_1) \wedge \mu_{\text{ч}}(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_{\text{чВ}}(y_4) \wedge \mu_{\text{нс}}(y_5) \vee \mu_{\text{ч}\Pi}(y_1) \wedge \mu_{\text{ч}}(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_B(y_4) \wedge \mu_H(y_5)$$

$$\mu_C(Y) = \mu_{\Pi}(y_1) \wedge \mu_{\text{ч}}(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_{\text{чВ}}(y_4) \wedge \mu_C(y_5) \vee \mu_{\text{ч}\Pi}(y_1) \wedge \mu_{\text{ч}}(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_B(y_4) \wedge \mu_C(y_5) \vee \mu_B(y_1) \wedge \mu_{\text{ч}}(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_{\text{чВ}}(y_4) \wedge \mu_C(y_5)$$

$$\mu_{\text{вс}}(Y) = \mu_C(y_1) \wedge \mu_{\Pi}(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_{\text{чВ}}(y_4) \wedge \mu_C(y_5) \vee \mu_B(y_1) \wedge \mu_{\Pi}(y_2) \wedge \mu_C(y_3) \wedge \mu_{\text{чВ}}(y_4) \wedge \mu_{\text{вс}}(y_5) \vee \mu_B(y_1) \wedge \mu_{\text{ч}}(y_2) \wedge \mu_B(y_3) \wedge \mu_{\Pi}(y_4) \wedge \mu_{\text{вс}}(y_5)$$

$$\mu_B(Y) = \mu_B(y_1) \wedge \mu_{\text{ч}}(y_2) \wedge \mu_B(y_3) \wedge \mu_{\Pi}(y_4) \wedge \mu_B(y_5) \vee \mu_C(y_1) \wedge \mu_{\Pi}(y_2) \wedge \mu_B(y_3) \wedge \mu_{\Pi}(y_4) \wedge \mu_B(y_5) \vee \mu_B(y_1) \wedge \mu_{\Pi}(y_2) \wedge \mu_B(y_3) \wedge \mu_{\Pi}(y_4) \wedge \mu_B(y_5)$$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (2.62) наведена в табл. 2.12.

Табл. 2.12 – Матриця знань залежності (2.62)

ЯКЩО				ТО
Кут нахилу сонячних колекторів ( $c_1$ )	Відстань між сонячними колекторами ( $c_2$ )	Відсутність завад (затінення сонячних колекторів) ( $c_3$ )	Рівень влаштування опорних елементів ( $c_4$ )	Дотримання вимог по встановленню сонячних колекторів ( $y_5$ )
1	2	3	4	5
Низький (Н)	Недостатня (Н)	Висока (В)	Низький (Н)	Низьке (Н)
Низький (Н)	Недостатня (Н)	Середня (С)	Низький (Н)	
Середній (С)	Недостатня (Н)	Висока (В)	Низький (Н)	
Середній (С)	Недостатня (Н)	Середня (С)	Низький (Н)	Нижче середнього (нС)
Середній (С)	Мінімально допустима (мД)	Висока (В)	Низький (Н)	
Низький (Н)	Мінімально допустима (мД)	Висока (В)	Середній (С)	
Середній (С)	Недостатня (Н)	Середня (С)	Середній (С)	Середнє (С)

Середній (С)	Мінімально допустима (мД)	Середня (С)	Середній (С)	
Середній (С)	Задовільна (З)	Середня (С)	Середній (С)	
Високий (В)	Мінімально допустима (мД)	Низька (Н)	Середній (С)	Вище середнього (вС)
Середній (С)	Мінімально допустима (мД)	Низька (Н)	Високий (В)	
Середній (С)	Задовільна (З)	Середня (С)	Високий (В)	Високе (В)
Високий (В)	Задовільна (З)	Низька (Н)	Середній (С)	
Високий (В)	Мінімально допустима (мД)	Низька (Н)	Високий (В)	
Високий (В)	Задовільна (З)	Низька (Н)	Високий (В)	

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.12 відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_H(y_5) = \mu_H(c_1) \wedge \mu_H(c_2) \wedge \mu_B(c_3) \wedge \mu_H(c_4) \vee \mu_H(c_1) \wedge \mu_H(c_2) \wedge \mu_C(c_3) \wedge \mu_H(c_4) \vee \mu_C(c_1) \wedge \mu_H(c_2) \wedge \mu_B(c_3) \wedge \mu_H(c_4)$$

$$\mu_{HC}(y_5) = \mu_C(c_1) \wedge \mu_H(c_2) \wedge \mu_C(c_3) \wedge \mu_H(c_4) \vee \mu_C(c_1) \wedge \mu_{мД}(c_2) \wedge \mu_B(c_3) \wedge \mu_H(c_4) \vee \mu_H(c_1) \wedge \mu_{мД}(c_2) \wedge \mu_B(c_3) \wedge \mu_C(c_4)$$

$$\mu_C(y_5) = \mu_C(c_1) \wedge \mu_H(c_2) \wedge \mu_C(c_3) \wedge \mu_C(c_4) \vee \mu_C(c_1) \wedge \mu_{мД}(c_2) \wedge \mu_C(c_3) \wedge \mu_C(c_4) \vee \mu_C(c_1) \wedge \mu_3(c_2) \wedge \mu_C(c_3) \wedge \mu_C(c_4)$$

$$\mu_{вС}(y_5) = \mu_B(c_1) \wedge \mu_{мД}(c_2) \wedge \mu_H(c_3) \wedge \mu_C(c_4) \vee \mu_C(c_1) \wedge \mu_{мД}(c_2) \wedge \mu_H(c_3) \wedge \mu_B(c_4) \vee \mu_C(c_1) \wedge \mu_3(c_2) \wedge \mu_C(c_3) \wedge \mu_B(c_4)$$

$$\mu_B(y_5) = \mu_B(c_1) \wedge \mu_3(c_2) \wedge \mu_H(c_3) \wedge \mu_C(c_4) \vee \mu_B(c_1) \wedge \mu_{мД}(c_2) \wedge \mu_H(c_3) \wedge \mu_B(c_4) \vee \mu_B(c_1) \wedge \mu_3(c_2) \wedge \mu_H(c_3) \wedge \mu_B(c_4)$$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (2.63) наведена в табл. 2.13.

Табл. 2.13 – Матриця знань залежності (2.63)

ЯКЩО			ТО
Технічне зношення елементів теплопостачання ( $z_1$ )	Технічний рівень обслуговуючого персоналу ( $z_2$ )	Планово-запобіжні огляди і ремонти ( $z_3$ )	Експлуатація системи ( $Z$ )
Повне (П)	Низький (Н)	Відсутні (В)	Низька (Н)
Часткове (Ч)	Низький (Н)	Відсутні (В)	
Повне (П)	Середній (С)	Відсутні (В)	
Повне (П)	Середній (С)	Присутні (П)	Нижча середньої (НС)
Часткове (Ч)	Низький (Н)	Присутні (П)	
Повне (П)	Високий (В)	Часткові (Ч)	
Часткове (Ч)	Низький (Н)	Часткові (Ч)	Середня (С)
Часткове (Ч)	Середній (С)	Часткові (Ч)	
Відсутнє (В)	Середній (С)	Часткові (Ч)	
Часткове (Ч)	Середній (С)	Присутні (П)	Вища середньої (ВС)
Часткове (Ч)	Високий (В)	Часткові (Ч)	
Відсутнє (В)	Середній (С)	Часткові (Ч)	
Відсутнє (В)	Середній (С)	Присутні (П)	Висока (В)
Відсутнє (В)	Високий (В)	Часткові (Ч)	
Відсутнє (В)	Високий (В)	Присутні (П)	

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.13 відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_H(Z) = \mu_P(z_1) \wedge \mu_H(z_2) \wedge \mu_B(z_3) \vee \mu_C(z_1) \wedge \mu_H(z_2) \wedge \mu_B(z_3) \vee \mu_P(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_B(z_3)$$

$$\mu_{НС}(Z) = \mu_P(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_P(z_3) \vee \mu_C(z_1) \wedge \mu_H(z_2) \wedge \mu_P(z_3) \vee \mu_P(z_1) \wedge \mu_B(z_2) \wedge \mu_C(z_3)$$

$$\mu_C(Z) = \mu_C(z_1) \wedge \mu_H(z_2) \wedge \mu_C(z_3) \vee \mu_C(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_C(z_3) \vee \mu_B(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_C(z_3)$$

$$\mu_{ВС}(Z) = \mu_C(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_P(z_3) \vee \mu_C(z_1) \wedge \mu_B(z_2) \wedge \mu_C(z_3) \vee \mu_B(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_C(z_3)$$

$$\mu_B(Z) = \mu_B(z_1) \wedge \mu_C(z_2) \wedge \mu_P(z_3) \vee \mu_B(z_1) \wedge \mu_B(z_2) \wedge \mu_C(z_3) \vee \mu_B(z_1) \wedge \mu_B(z_2) \wedge \mu_P(z_3)$$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (2.64) наведена в табл. 2.14.

Таблиця 14 – Матриця знань залежності (2.64)

ЯКЩО		ТО
Огляди та ремонти трубопроводів ( $l_1$ )	Огляди та ремонти обладнання сонячних колекторів ( $l_2$ )	Планово-запобіжні огляди і ремонти ( $z_3$ )
Відсутні (В)	Відсутні (В)	Відсутнє (В)
Відсутні (В)	Частково відсутні (чВ)	
Частково відсутні (чВ)	Відсутні (В)	
Відсутні (В)	Присутні (П)	Часткове (Ч)
Частково відсутні (чВ)	Частково відсутні (чВ)	
Присутні (П)	Відсутні (В)	
Присутні (П)	Частково відсутні (чВ)	Повне (П)
Частково відсутні (чВ)	Присутні (П)	
Присутні (П)	Присутні (П)	

Лінгвістичним висловлюванням, які наведені в табл. 2.14 відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом:

$$\mu_B(z_3) = \mu_B(l_1) \wedge \mu_B(l_2) \vee \mu_B(l_1) \wedge \mu_{чВ}(l_2) \vee \mu_{чВ}(l_1) \wedge \mu_B(l_2)$$

$$\mu_Ч(z_3) = \mu_B(l_1) \wedge \mu_П(l_2) \vee \mu_{чВ}(l_1) \wedge \mu_{чВ}(l_2) \vee \mu_П(l_1) \wedge \mu_B(l_2)$$

$$\mu_П(z_3) = \mu_П(l_1) \wedge \mu_{чВ}(l_2) \vee \mu_{чВ}(l_1) \wedge \mu_П(l_2) \vee \square_П(l_1) \wedge \mu_П(l_2)$$

## Висновки до розділу 2

В розділі виконано теоретичне та практичне обґрунтування основних параметрів і характеристик комбінованої енергоефективної системи тепlopостачання будинку, а саме:

1. Складено розрахункову схему до моделювання теплового розрахунку будівлі

2. Здійснено моделювання та проектні розрахунки теплотехнічних параметрів системи, які включають: теплотехнічний розрахунок, за результатом якого підібрано мінеральну вату товщиною  $\delta_{ym} = 0,12$  м для стіни,

пінополістирольні екструзійні плити для підлоги та горищного перекриття  $\delta_{yt} = 0,15$  м та  $\delta_{yt} = 0,2$  м відповідно; розраховано тепловтрати які становлять  $Q_{emp.} = 331$  кВт.

3. Проведено теплотехнічний та гідравлічний розрахунки системи опалення; для обігріву житлових приміщень підібрані біметалеві радіатори Термія з мідно-алюмінієвим теплообмінником, виконано гідравлічний розрахунок трубопроводів конвективного опалення.

4. Підібрано два котли BAXI Power NT 1.280 на опалення для дахової котельні загальною потужністю 510 кВт, два циркуляційні насоси Wilo Atmos CronoBloc-BL 65/120, балансувальний клапан ASV-P, сонячні колектори Baxi SB25+V, розширювальний бак Reflex NG 300.

5. Проведено гідравлічний та тепловий розрахунки системи гарячого водопостачання; розраховано максимальну годинну витрату теплоти на підготовку гарячої води яка становить  $Q_{г.в.}^{max} 110,6$  кВт.

6. Підібрано наступне обладнання для системи ГВП: квартирний лічильник Valtec VLF-R 25, теплообмінник Pahlen Maxi-Flo MF 400, живильний насос Wilo Atmos CronoBloc-BL65/120.

7. Підібрано оптимальний кут встановлення сонячних колекторів – 42°; розраховано відстань між сонячними колекторами – 6,3м; розраховано кількість теплової енергії, яка буде вироблятися геліоустановкою за рік – 729319 кВт·год.

## 3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

### 3.1 Аналіз конструктивних особливостей системи прийнятої до монтажу

В розділі розробляється технологія монтажу комбінованої системи опалення багатоповерхового житлового будинку із сонячними колекторами.

Схема системи опалення: автономна.

Кількість поверхів: 9, висота поверху: 3 м.

Джерелами теплопостачання квартир є дахова котельня із двома котлами потужністю 510 кВт. Теплоносій – вода з параметрами 65 - 55 °С (див. аркуш 2).

Система опалення – двотрубна горизонтальна, з верхнім розведенням магістральних трубопроводів (дивись аркуш 3). На підводках до кожного опалювального приладу встановлено автоматичного терморегулятора «RTD-N» фірми «Danfoss». Магістральні трубопроводи та вертикальні стояки виконуються із сталевих труб по ДСТУ Б В.2.5-30:2006\* та ізолюються ізоляцією «K-flex».

Розподільчі трубопроводи системи гарячого водопостачання виконані із поліпропіленових труб KAN-therm і також ізолюються ізоляцією «K-flex».

Система опалення поквартирна, в місцях підключення розподільчих трубопроводів встановлюються розподільчі (колектори) з подальшим відведенням від них труб у квартири. Облік спожитого тепла здійснюється окремими вузлами обліку, що встановлені на розподільчому колекторі (див. аркуш 7).

Як нагрівальні прилади в приміщеннях прийняті радіатори біметалеві з мідно-алюмінієвим теплообмінником фірми «ТЕРМІЯ» різного типу, які встановлюються під вікнами відкрито. Видалення повітря з системи передбачено за допомогою кранів Маєвського, що поставляються в комплекті з радіатором (див. аркуш 4).

Для можливості відключення окремого радіатора з метою здійснення ремонтно-профілактичних робіт передбачено встановлення на виході із радіатора запірною крана.

Трубопроводи системи поквартирного опалення монтуються із багатошарових поліпропіленових труб KAN-therm в ізоляції K-flex прокладених в конструкції підлоги.

Перелік основних матеріалів та обладнання наведено у таблиці 3.5.

### **3.1.2 Отримання об'єкту під монтаж**

Перед початком монтажних робіт об'єкт приймають по акту під монтаж. Об'єкт чи його частину приймають під монтаж при закінченні будівельних робіт: закінчених перекриттів, сходових клітинок, внутрішніх стін і перегородок, на яких монтуються трубопроводи [33].

До часу приймання об'єкту під монтаж повинні бути виконані роботи і конструктивні елементи, які фіксуються актом :

1) отвори в стінах, перегородках, перекриттях для прокладання трубопроводів, встановлення стояків. Основи під котельне обладнання. Причому об'єкт повинен відповідати проекту по габаритам; прив'язкам до основних конструктивних елементів споруди, а залишені отвори під анкерні болти повинні бути розміщені відповідно робочому кресленню, для основ котлів повинні бути зроблені геодезичні зйомки з відображенням фактичного та проектного розміщення основ;

2) отвори з закладними деталями для встановлення кріплень, клапанів, герметичних дверей;

3) штукатурка стін і стелі в місцях прокладання трубопроводів;

4) закладні елементи, які використовуються як основа при закріпленні трубопроводів;

5) майданчики під монтаж систем.

До моменту монтажу систем опалення та гарячого водопостачання повинні бути забезпечені [33]:

- достатнє освітлення приміщення;

- приміщення для майстра, побутові приміщення для робітників;



- приміщення для комплектувальної майстерні, складів, майданчики для зберігання заготовок, типових деталей, матеріалів і обладнання в зоні дії транспортних засобів;

- забезпечення електроенергією, водою, для виробничих і побутових потреб;

- пожежно-сторожова охорона;

- забезпечити можливість використання приоб'єктного транспорту для переміщення та підйому заготовок та обладнання;

- забезпечити очищення місць виконання робіт від будівельного сміття.

Акт про готовність об'єкту підписує представник генпідрядника (замовника) і монтажної організації (гол. інженер).

На об'єктах будівництва, що не прийняті під монтаж, не дозволяється виконувати монтажні роботи.

### **3.2 Розрахунок трудомісткості виконуваних робіт, підбір робітників, розроблення календарного плану та графіків виконуваних заготівельних і будівельно-монтажних робіт**

Монтаж систем опалення та гарячого водопостачання складається з таких робіт:

- 1) Доставлення матеріалів;
- 2) Монтаж котлів;
- 3) Обв'язування буферної ємності;
- 4) Монтаж модуля регулятора температури;
- 5) Монтаж блочної автоматичної водопідготовки;
- 6) Монтаж сонячних колекторів;
- 7) Прокладання трубопроводів для сонячних колекторів;
- 8) Монтаж розширювального баку;
- 9) Монтаж радіаторів;
- 10) Прокладання поліпропіленових трубопроводів діаметром 16мм;
- 11) Прокладання поліпропіленових трубопроводів діаметром 20мм;

- 12) Прокладання поліпропіленових трубопроводів діаметром 25мм;
- 13) Прокладання поліпропіленових трубопроводів діаметром 32мм;
- 14) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 25мм;
- 15) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 32мм;
- 16) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 40мм;
- 17) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 50мм;
- 18) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 63мм;
- 19) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 75мм;
- 20) Встановлення розподільчих гребінок;
- 21) Монтаж вузлів обліку Pollusom E-15;
- 22) Монтаж запірно-регулювальної арматури;
- 23) Ґрунтування поверхонь труб систем;
- 24) Пофарбування трубопроводів;
- 25) Випробування системи опалення;
- 26) Випробування системи геліоколекторів;
- 27) Монтаж ізоляції;
- 28) Вивезення обладнання та матеріалів;

1) Транспортування і складування матеріалів:

Підрахувавши суму мас складових системи опалення та ГВП та врахувавши приблизні маси інструментів обладнання та витратних матеріалів загальну масу усіх деталей, 14835 кг (14,83 т). Приймаємо об'єм  $V = 14,83$  (див. табл. 3.5)

2) Монтаж котлів [33]:

Склад робіт: установка котлів на готовому фундаменті, установка обладнання котлів, установка арматури і контрольно-вимірювальних приладів, гідравлічне випробування котлів. установка запобіжних вибухових клапанів в димовій коробці, регулювання шиберів.

Необхідно встановити 2 котла .

Вимірник: 1 котел, тоді  $V=2$ .

3) Обв'язка буферної ємності [33]:

Склад робіт: установка ємності на готову основу, насадка й приварку фланців на кінці труб, з'єднання фланців на болтах і прокладках.

Необхідно встановити 1 ємність.

Вимірник: 1 шт, тоді  $V=1$ .

4) Монтаж модуля регулятора температури [33]:

Склад робіт: свердління отворів для кріплень, установка й закладення кріплень, установка вузла регулювання, насадка й приварку фланців на кінці труб, з'єднання фланців на болтах і прокладках.

Необхідно встановити 1 модуль-регулятор.

Вимірник 1 пункт, тоді  $V=1$ .

5) Монтаж блочної автоматичної водопідготовки [33]:

Склад робіт: встановлення обладнання на готову основу, приєднання до трубопроводів на різьбленні, гідравлічне випробування.

Необхідно встановити 1 установку.

Вимірник: 1 шт., тоді  $V=1$ .

6) Монтаж сонячних колекторів [33]:

Склад робіт: установка і закладення рам із закріпленням на них колекторів.

Вимірник: 1 шт., тоді  $V=118$ .

7) Прокладання трубопроводів для сонячних колекторів [33]:

Склад робіт: розмітка деталей і перерізання труб, складання вузлів трубопроводу з окремих деталей і фасонних частин, прокладка трубопроводу з готових вузлів, установка і закладення кріплень.

Довжина мережі трубопроводів системи складає 374м.

Вимірник: 100м трубопроводу., тоді  $V=5,7$ .

8) Монтаж розширювального баку [33]:

Склад робіт: установка баків на готову підставу, приєднання баків до трубопроводів на різьбленні, гідравлічне випробування баків.

Необхідно встановити 1 бак.

Вимірник: 1 шт., тоді  $V=1$ .

9) Монтаж радіаторів [33]:

Склад робіт: установка і закладення кронштейнів зі свердленням отворів або пристрілкою пістолетом, а також кріпленням кронштейнів шурупами, установка радіаторів з приєднанням їх до трубопроводів.

Теплова потужність всіх радіаторів 377 кВт.

Вимірник: 100 кВт, тоді  $V=3,8$

10) Прокладання поліпропіленових трубопроводів діаметром 16мм [33]:

Склад робіт: розмітка деталей і перерізання труб, складання вузлів трубопроводу з окремих деталей і фасонних частин з підготовкою під терморезисторне зварювання, прокладка трубопроводу з готових вузлів із з'єднанням контактним терморезисторним зварюванням, установка муфтових арматур, гідравлічне випробування трубопроводу й промивання водою питної якості.

Довжина мережі поліпропіленових трубопроводів діаметром 16мм становить 1612м (див. додаток В).

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=16,12$

11) Прокладання поліпропіленових трубопроводів діаметром 20мм [33]:

Склад робіт: розмітка деталей і перерізання труб, складання вузлів трубопроводу з окремих деталей і фасонних частин з підготовкою під терморезисторне зварювання, прокладка трубопроводу з готових вузлів із з'єднанням контактним терморезисторним зварюванням установка муфтових арматур, гідравлічне випробування трубопроводу й промивання водою питної якості.

Довжина мережі поліпропіленових трубопроводів діаметром 20мм становить 280м (див. додаток В).

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=2,8$ .

12) Прокладання поліпропіленових трубопроводів діаметром 25мм [33]:

Склад робіт: розмітка деталей і перерізання труб, складання вузлів трубопроводу з окремих деталей і фасонних частин з підготовкою під терморезисторне зварювання, прокладка трубопроводу з готових вузлів із з'єднанням контактним терморезисторним зварюванням установка муфтових арматур, гідравлічне випробування трубопроводу й промивання водою питної якості.

Довжина мережі поліпропіленових трубопроводів діаметром 25мм становить 424м (див. додаток В).

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=4,24$ .

13) Прокладання поліпропіленових трубопроводів діаметром 32мм [33]:

Склад робіт: розмітка деталей і перерізання труб, складання вузлів трубопроводу з окремих деталей і фасонних частин з підготовкою під терморезисторне зварювання, прокладка трубопроводу з готових вузлів із з'єднанням контактним терморезисторним зварюванням установка муфтових арматур, гідравлічне випробування трубопроводу й промивання водою питної якості.

Довжина мережі поліпропіленових трубопроводів діаметром 32мм становить 138м (див. додаток В).

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=1,38$ .

14) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 25мм [33]:

Склад робіт: прокладка трубопроводу з готових вузлів, установка і закладення кріплень, продування трубопроводу стислим повітрям.

Довжина мережі трубопроводів системи опалення та гарячого водопостачання діаметром 25мм становить 212м.

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=2,12$ .

15) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 32мм [33]:

Склад робіт: прокладка трубопроводу з готових вузлів, установка і закладення кріплень, продування трубопроводу стислим повітрям.

Довжина мережі трубопроводів системи опалення та гарячого водопостачання діаметром 32мм становить 202м.

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=2,02$ .

16) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 40мм [33]:

Склад робіт: прокладка трубопроводу з готових вузлів, установка і закладення кріплень, продування трубопроводу стислим повітрям.

Довжина мережі трубопроводів системи опалення та гарячого водопостачання діаметром 40мм становить 42м.

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=0,42$ .

17) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 50мм [33]:

Склад робіт: прокладка трубопроводу з готових вузлів, установка і закладення кріплень, продування трубопроводу стислим повітрям.

Довжина мережі трубопроводів системи опалення та гарячого водопостачання діаметром 50 мм становить 195м.

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=1,95$ .

18) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 63мм [33]:

Склад робіт: прокладка трубопроводу з готових вузлів, установка і закладення кріплень, продування трубопроводу стислим повітрям.

Довжина мережі трубопроводів системи опалення та гарячого водопостачання діаметром 63мм становить 72м.

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=0,72$ .

19) Прокладання сталевих трубопроводів діаметром 75мм [33]:

Склад робіт: прокладка трубопроводу з готових вузлів, установка і закладення кріплень, продування трубопроводу стислим повітрям.

Довжина мережі трубопроводів системи опалення діаметром 75мм становить 20 м.

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=0,2$ .

20) Монтаж вузлів обліку Pollusom E-25 [33]:

Склад робіт: установка вузлів із приєднанням до магістральних трубопроводів на зварюванні, установка кріплень, установка вузлів із приєднанням до обв'язки. промивання водою питної якості.

Необхідно встановити 109 вузлів обліку (на кожную квартиру та один загальний).

Вимірник 1шт., тоді  $V=109$ .

21) Монтаж запірно-регулювальної арматури [33]:

Склад робіт: насадка і приварювання у відповідь фланців на кінці труб, установка арматури із з'єднанням фланців на болтах і прокладках.

Необхідно встановити арматуру:

- кран кульковий 16мм – 338 шт;

- кран кульковий 25мм – 216 шт:
- кран кульковий 32мм – 24 шт;
- кран кульковий 50 мм – 3 шт.

Всього встановлюємо 581 шт.

Вимірник 1шт., тоді  $V=581$ .

22) Ґрунтування поверхні труб систем [33]:

Загальну площу всіх трубопроводів розраховуємо за формулою:

$$F = \Pi \cdot d \cdot l \quad (3.1)$$

де  $d$  – діаметр трубопроводу,

$l$  – довжина трубопроводу (додаток В).

$$F_{d=25\text{мм}} = 3,14 \cdot 0,025 \cdot 212 = 16,64\text{м}^2;$$

$$F_{d=32\text{мм}} = 3,14 \cdot 0,032 \cdot 202 = 20,29\text{м}^2;$$

$$F_{d=40\text{мм}} = 3,14 \cdot 0,040 \cdot 42 = 5,27\text{м}^2;$$

$$F_{d=50\text{мм}} = 3,14 \cdot 0,050 \cdot 195 = 30,6\text{м}^2;$$

$$F_{d=63\text{мм}} = 3,14 \cdot 0,063 \cdot 72 = 14,24\text{м}^2;$$

$$F_{d=75\text{мм}} = 3,14 \cdot 0,075 \cdot 20 = 4,71\text{м}^2.$$

Загальна площа всіх труб системи:  $F = 91,75\text{м}^2$ .

Вимірник  $100\text{м}^2$ ., тоді  $V=0,92$ .

23) Пофарбування трубопроводів [33]:

Загальна площа всіх труб системи:  $F=91,75\text{м}^2$ .

Вимірник  $100\text{м}^2$ ., тоді  $V=0,92$

24) Випробування системи опалення [33]:

Склад робіт: зовнішній огляд трубопроводу, приєднання водопроводу й гідравлічного преса, установка заглушок і манометра, наповнення системи водою до заданого тиску, огляд трубопроводу й усунення дефектів, остаточна перевірка й здача системи, спускання води із системи, зняття заглушок, манометра й від'єднання преса.

Довжина сталевих трубопроводів системи опалення 743 м(додаток В).

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=7,43$ .

25) Випробування системи геліоколекторів [33]:

Склад робіт: приєднання гідравлічного преса, установка заглушок і манометра, наповнення системи водою до заданого тиску, огляд системи й усунення дефектів, остаточна перевірка й здача системи, спускання води із системи, зняття заглушок, манометра й від'єднання преса.

Довжина трубопроводів 440м (див. додаток В).

Вимірник 100м трубопроводу, тоді  $V=4,4$ .

26) Монтаж ізоляції [33]:

Склад робіт: установка конструкцій на трубопроводі із припасуванням по місцю, кріплення конструкцій, виготовлення й кріплення діафрагм.

Довжина трубопроводів 3637м.

Вимірник 100 м., тоді  $V=36,37$ .

27) Вивезення матеріалів. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей, 760 кг (0,76 т.). Приймаємо об'єм  $V= 0,76$ .

### **3.3 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів пристосувань і конструкцій**

#### **3.3.1 Монтаж опалювальних приладів**

В даній системі опалення використовуються біметалеві радіатори фірми «ТЕРМІЯ» з мідно-алюмінієвим теплообмінником.

Опалювальні прилади встановити після оштукатурення місць для їх встановлення, при наявності чистої підлоги або її відмітки. Опалювальні прилади встановити на відстані не менше 150 мм від підлоги та 40 мм від поверхні штукатурки стіни [34].

Монтаж опалювальних приладів виконати в такій послідовності:

- а) розмітити місця установки розподільчих трубопроводів;
- б) розмітити місця установки кріплень;
- в) встановити кріплення та радіатори;
- г) встановити стояки;



д) зварити стики.

### **3.3.2 Монтаж магістральних трубопроводів**

В даних системах опалення та гарячого водопостачання магістральні трубопроводи розташувати на технічному поверсі. При їх прокладанні мінімальний уклон становить 0,002. Уклони трубопроводів спрямувати в сторону повітровипускних пристроїв. Відгалуження від магістральних трубопроводів до стояків виконати під прямим кутом. На відгалуженнях від магістральних трубопроводів до стояків після запірних кранів встановити згони із зварених до них патрубків і з пробками для випуску повітря та зливі води із стояків. Магістральні трубопроводи діаметром до 50 мм змонтувати за допомогою зварювання або різьбового з'єднання, а більше 50 мм – тільки за допомогою зварювання. На технічному поверху магістральні трубопроводи встановити на опори, за допомогою яких труби переміщуються при дії температурних розширень. Магістральні трубопроводи, які проходять через будівельні конструкції прокласти в гільзах. Під головні стояки системи опалення встановити нерухомі опори [34].

Монтаж магістральних трубопроводів виконати в такій послідовності:

- а) розмітити вісі магістралей та установити підвіски і кронштейни;
- б) прокласти труби, вузли і заготовки по наміченим вісям;
- в) зібрати магістралі та приєднати до них монтажні вузли, повітрозбірники;
- г) вивірити та установити задані уклони;
- д) закріпити магістралі на опорах та підвісках.

### **3.3.3 Монтаж стояків і розподільчих трубопроводів**

Дана система опалення складається з 3 стояків (див. аркуш 3). Перед початком монтажу всі труби оглянути і звільнити від сміття, коли це необхідно. Головні стояки прокласти строго вертикально і закріпити знизу на надійних опорах. Змон-

тувати стояки за допомогою зварювання. Стояки в місцях перетину з внутрішніми стінами та перегородками прокласти в гільзах.

На кожному відгалуженні від магістрального трубопроводу передбачити різьбове з'єднання, яке потрібно розташувати після терморегулюючого вентиля на підвідній лінії по ходу теплоносія. Підведення до опалювальних приладів прокласти з уклоном 10 мм на всю довжину підводки [34].

Монтаж стояків виконати в такій послідовності :

- а) розмітити місця встановлення стояків;
- б) навісити та вивірити радіатори;
- в) з'єднання стояків між поверхами зварюванням;
- г) установити та вивірити вузли підводок з приєднаними до них згонами;
- д) з'єднання підводок герметизуючими матеріалами;
- е) вивірити та закріпити стояки хомутами;
- ж) після збирання стояка і підводів перевірити вертикальність стояка, нахили підводів, міцність закріплення труб і радіаторів.

### **3.3.4 Монтаж котла**

Джерелами опалення та гарячого водопостачання квартир є два котли ВАХІ Power NT 1.280 загальною потужністю 510 кВт. Теплоносій – вода з параметрами 55 - 65 °С. Котли монтуються на заздалегідь підготовлену ділянку.

Монтаж котлів ведеться звичайно без розбирання агрегату. Транспортування і піднімання до місця монтажу потребують наявності монтажних проємів і вантажопід'ємних механізмів.

Під час огляду котлоагрегату перевірити тип котла, номер, виконання, тип, розміри, його потужність.

Монтаж котлоагрегату виконати в такій послідовності [33];

- 1) підняти (опустити) котел на рівень проектної відмітки ближче до місця встановлення і переміщувати його горизонтально до проектного положення;

2) перевірити правильність встановлення котла та закріплення його до підлоги, горизонтальність, точність прив'язки до конструкцій, горизонтальність верхньої площини корпусу приладу ;

3) виконати перевірку електродвигунів і наявність мастила, справність і герметизацію циркуляційних насосів;

4) перевірити ізоляцію обмоток електродвигуна, під'єднати електроживлення і перевірити роботу насосів і контрольно-вимірювальних приладів котла, в тому числі правильність напрямку подачі води.

### 3.3.5 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Труби, деталі, конструкції та обладнання для систем опалення та гарячого водопостачання завозяться на будівельний майданчик автотранспортом. В якості автомобільного транспорту використовуємо машини Mercedes Benz «Vario».

Табл. 3.1 - Технічні характеристики автомашини Mercedes Benz «Vario».

Показники	
Вантажопідйомність, кг	5000
Вантажна висота	2200
Найбільша швидкість, км/год	140
Габаритні розміри, мм	
довжина	7800
ширина	2100
висота	3000
Вага, кг	5990
Витрата палива при швидкості л/100км	14

Для паяння поліпропіленових трубопроводів приймаємо паяльник для поліпропіленових труб Wavin Escoplastic RSP 2aPm. Робоча напруга 220 В, потужність електродвигуна 0,8 кВт, діаметри труб для паяння 16 – 63 мм[37].

Для проведення електричного зварювання приймаємо без трансформаторний зварювальний апарат GYSMI TIG 180 AC/DC. Робочою напругою 26 В, напруга холостого ходу 85 В, діапазон струму 10-180А, маса 11кг[38]. Також використовують газове зварювання та різку трубопроводів, для чого використовують газогенератор

ацетиленовий АСП-1,25-6, пальник комбінований ГС-3, різак ацетиленовий РЗР – 50, редуктор ацетиленовий, редуктор кисневий.

Для свердління отворів для кріплення кронштейнів, а також пробивання борозд та гнізд виконуємо за допомогою ручного перфоратора «Bosch PSB 750».

Технічні характеристики:

- діаметр свердління, мм	до 30
- частота обертів шпинделя, об/хв	3000
- потужність електродвигуна, кВт	0,75
- маса (загальна), кг	1,9
- кількість, шт	4.

Для випробування трубопроводів на міцність і щільність використовуємо пересувну компресорну станцію СО–2(О–16Б). Її технічна характеристика:

- продуктивність, м <sup>3</sup> /год	30
- робочий тиск, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	40 (4)
- потужність електродвигуна, кВт	3
- розміри, мм	1230×454×770
- маса, кг	154.

Монтаж конструкцій на автомобіль, розвантажувальні роботи проводяться автокраном КС-2561 Д. Його технічні характеристики[39]:

- вантажопід'ємність, т: на виносних опорах	1,9 – 6,3
- без виносних опор	0,1 – 1,0
- виліт (найм. – найб.), м	3,3 – 7,0

- найбільша висота підйому гака, м	8,0 – 5,5
- довжина стріли, м	8
- швидкість підйому (опускання) вантажу, м/хв	10,5 – 1,2
- швидкість переміщення, км/год (робоча-транспортна)	5 – 75.

### 3.4 Визначення трудомісткості монтажних робіт

По визначеній послідовності проведення робіт по монтажу систем опалення та гарячого водопостачання і по розрахованим об'ємам визначають трудомісткість робіт, тривалість робіт, а також визначають склад бригади.

Трудомісткість робіт визначається за формулою[33]:

$$Q = V \times H_{\text{ч}} / 8, \quad (3.2)$$

де  $V$  – об'єми робіт;

$H_{\text{ч}}$  – норма часу на одиницю виміру, люд-год;

8 – тривалість робочої зміни, год.

Тривалість виконання кожної окремої роботи розраховується[33]:

$$T = V \times H_{\text{ч}} / 8 \cdot n \cdot k, \quad (3.3)$$

де  $n$  – кількість працюючих;

$k$  – коефіцієнт перевиконання.

Результати розрахунку трудомісткості робіт, тривалості робіт, а також визначення складу бригад наведено в таблиці 3.2.

Табл. 3.2 – Розрахунок трудомісткості робіт, тривалості робіт, та визначення складу бригад

№ п. п	Найменування робіт	Од. виміру	Об'єм робіт	Норма часу, люд/год.	Трудомісткість, люд/дні	Виконавці		Тривалість, дні
						кількість	склад ланки	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Доставка деталей і обладнання	т	14,83	4,1	3,89	3	шофер-1;	2

	до місця монтажу						вантажн.- 2	
2	Монтаж котлів	1 шт	2	46,25	11,56	6	монтажн. 5 р.-3, 4р.-3	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Обв'язка буферної ємності	1 шт	1	43,62	5,45	2	монтажн. 4 р.-2	2
4	Монтаж модуля регулятора температури	1 шт	1	19,02	2,38	2	монтажн. 4 р.-2	1
5	Монтаж блочної автоматичної водопідготовки	1 шт	1	14,22	1,78	2	монтажн. 4 р.-2	1
6	Монтаж розширювального баку	1шт	2	5,95	1,49	2	монтажн. 4 р.-2,	1
7	Монтаж сонячних колекторів	1 шт	118	1,42	20,94	12	монтажн. 5 р.-2, 4р.-4	3,5
8	Прокладання трубопроводів для сонячних колекторів	100м.	3,74	41,5	19,2	12	монтажн. 5 р.-2, 4р.-4	3,5
9	Монтаж радіаторів	100кВт	3,8	96,92	46,04	12	монтажн. 4 р.-1, 3р.-2	4
10	Прокладання поліпропіленових трубопроводів D <sub>з</sub> до 16 мм.	100м.	16,12	81,2	163,62	12	монтажн. 4 р.-4 3р.-2	13,5
11	Прокладання поліпропілено-	100м.	2,8	89,9	31,46	4	монтажн.	7,5

	вих трубопроводів D <sub>з</sub> до 20 мм.						4 р.-3 3р.-1	
12	Прокладання поліпропіленових трубопроводів D <sub>з</sub> до 25 мм.	100м.	4,24	92,4	48,97	8	МОН- ТАЖН. 4 р.-3 3р.-1	6
13	Прокладання поліпропіленових трубопроводів D <sub>з</sub> до 32 мм.	100м.	1,38	106,1	18,3	4	МОН- ТАЖН. 4 р.-3 3р.-1	4,5
14	Прокладання сталевих трубопроводів D <sub>у</sub> до 25 мм.	100м.	2,12	48,71	12,9	3	МОН- ТАЖН. 4 р.-1, 3р.-2	3

Продовження таблиці 3.2

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 32 мм.	100м.	2,02	48,71	12,29	3	мон-тажн. 4 р.-1, 3р.-2	4
16	Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 40 мм.	100м.	0,42	48,71	2,56	3	мон-тажн. 4 р.-1, 3р.-2	1
17	Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 50 мм.	100м.	1,95	48,71	11,87	6	мон-тажн. 4 р.-1, 3р.-2	2,5
18	Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 63 мм.	100м.	0,72	61,01	5,49	3	мон-тажн. 4 р.-1, 3р.-2	2
19	Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 75 мм.	100м.	0,6	61,01	4,57	3	мон-тажн. 4 р.-1, 3р.-2	2
20	Встановлення розподільчих гребінок	1 шт	27	11,25	37,97	6	мон-тажн. 5 р.-1, 4р.-2	6,5
21	Монтаж запірної арматури	1шт	581	2,41	175	16	мон-тажн. 3р.-2, 4 р.-2	7
22	Монтаж вузлів обліку Pollusom E-25	1шт	109	1	13,62	6	мон-тажн. 5 р.-2, 4р.-4	2,5
23	Випробування системи опалення	100м	7,43	8,22	7,63	4	мон-тажн. 6 р.-1, 5р.-3	2
24	Випробування	100м	4,4	8,22	4,52	4	мон-	1



	системи сонячних колекторів						тажн. 6 р.-1, 5р.-3	
25	Ґрунтування поверхні труб систем	100м <sup>2</sup>	0,92	97,68	11,23	3	ґрунтовц. 2р-3	3,5
26	Пофарбування трубопроводів	100м <sup>2</sup>	0,92	97,68	11,23	3	маляр 2р-3	3,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	Монтаж ізоляції	100м	36,37	9,12	41,46	12	МОН- тажн. 5 р.-2, 4р.-4	3,5
28	Вивезення деталей, обладнання і сміття з місця монтажу	т	0,76	2,1	0,19	3	Шофер- 1; Ван- тажн.- 2	0,5
								96

Продовження таблиці 3.2

На основі визначеної трудомісткості та тривалості монтажних робіт, складений календарний план виконання робіт.

Розрахунок техніко-економічних показників календарного плану:

1. Загальний термін будівництва:

$$T_{заг.} = 38 \text{ днів.}$$

2. Загальна трудомісткість:

$$Q_{заг.} = 727,61 \text{ люд-дні.}$$

3. Середня чисельність робітників:

$$R_{сер.} = Q_{заг.} / T_{заг.} = 727,61 / 38 = 19,15 = 20 \text{ робітників.} \quad (3.4)$$

4. Максимальна чисельність робітників:

$$R_{max.} = 24 \text{ робітників.}$$

5. Надлишкова трудомісткість:

$$Q_{надл.} = 19,76 \text{ люд-дні.}$$

6. Коефіцієнт, що характеризує використання робітників протягом будівництва:

$$\alpha_1 = R_{сер.} / R_{max.}; \quad (3.5)$$

$$\alpha_1 = 20 / 24 = 0,83.$$

7. Коефіцієнт нерівномірності графіку руху робітників по працевитратам:

$$\alpha_2 = Q_{надл.} / Q_{заг.}; \quad (3.6)$$

$$\alpha_2 = 19,76 / 727,61 = 0,027.$$

8. Коефіцієнт, який характеризує використання часу робочих протягом будівництва:

$$\alpha_3 = T_{\text{вст.}}/T_{\text{заг.}} ; \quad (3.7)$$

$$\alpha_3 = 36,4/38 = 0,96.$$

### 3.5 Визначення складу бригад та монтажних інструментів

Монтаж виконують комплексні бригади склад яких залежить від об'єму, строків і способів виконання робіт.

Бригада повинна бути забезпечена набором необхідних інструментів щоденного і періодичного використання. Використання ручних і механічних інструментів підвищує продуктивність праці і скорочує термін виконання робіт.

В зв'язку з тим, що фасонні частини трубопроводів на будівельний майданчик доставляються в готовому вигляді, то ми маємо потребу тільки в монтажних інструментах. Набір інструментів для монтажників систем опалення та гарячого водопостачання наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників систем опалення та гарячого водопостачання. Склад бригади 6 чоловік.

Найменування	ДСТУ/ марка	К-ть	Вага, кг
Ключ гайковий двосторонній M17x19 мм M19x22 мм	ДСТУ 8662- 10:2004	4 4	6,64
Молоток слюсарний	-//-	4	2,4
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	-//-	2	0,8
Стрічка вимірювальна, 20 м	-//-	3	0,9
Рівень будівельний	-//-	3	1,8
Висок	-//-	3	0,45
Ящик переносний для інструменту		2	8
Трубогіб для згинання труб	STAMAR	2	4,2
Труборіз	STAMAR	2	4,8
Дрелі	BOSCH	1	6,4
Всього:			36,4кг

Набір інструментів та пристосувань для зварювальних робіт наведено в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Набір інструментів та пристосувань для зварювальних робіт

Найменування	ДСТУ, марка	Одиниця виміру	Кількість	Вага, кг
1	2	3	4	5
Апарат зварювальний	GYMI TIG 180 AC/DC	шт.	1	11
Газогенератор ацетиленовий	АСП-1,25-6	шт.	1	20
Пальник комбінований	ГС-3	шт.	1	2,2
Різак ацетиленовий	РЗР –50	шт.	1	1,8
Редуктор ацетиленовий	ДСТУ ISO 2503:2009	шт.	1	2,5
Редуктор кисневий	-//-	шт.	1	3,1
Плоскогубці комбіновані	ДСТУ 8662-10:2004	шт.	2	1,2
Ключ гайковий розвідний	-//-	шт.	1	0,7
Молоток слюсарний	-//-	шт.	2	1,6
Зубило слюсарне довжиною 200мм	-//-	шт.	2	1,6
Рашпіль круглий	-//-	шт.	2	1,1
Щітка сталева	-	шт.	2	0,6
Ніж мідний	-	шт.	1	0,2
Електротримач пружинний	-//-	шт.	1	2,3
Щиток для електрозварника	ДСТУ ISO 2503:2009	шт.	1	0,51
Дріт для електродугової зварки, переріз 50 мм <sup>2</sup>	ДСТУ ISO 2503:2009	м	50	6,4
Ящик переносний для інструменту	-	шт.	1	5,4
Всього:				62,2кг

### 3.6 Розрахунок кількості витратних матеріалів та електроенергії на монтаж

Перелік матеріалів та обладнання для влаштування систем опалення та гарячого водопостачання наведено у відомості в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Відомість матеріалів та обладнання

Найменування матеріалу або інструменту	Тип, марка	Од. вимір	Кількість	Вага Одиниці, кг	Загальна вага, кг
1	2	3	4	5	6
Газові котли	«ВАХІ»	шт.	2	314	618
Буферна ємність	WWSP	шт.	4	270	1080
Модуль регулятор температури АРД	«ВЕСТ М»	шт.	1	235	235
Блочна автоматична водопідготовка DHF-30/1-F	«ВЕСТ М»	шт.	1	580	580
Розподільча гребінка «Danfoss»	TDU-3 DN50-4L-25	шт.	27	7,6	205,2
Балансувальний клапан «ГЕРЦ»	TS-99-V	шт.	3	5,4	16,2
Балансувальний клапан «ГЕРЦ»	AS-T-90	шт.	108	1,3	140,4
Колектор сонячний ВАХІ	SB25+V	шт.	118	37,2	5208
Розширювальний бак «Reflex»	NG 300	шт.	1	27	27
Радіатори «ТЕРМІЯ»	PH 5/6080	шт.	32	6,9	220,8
Радіатори «ТЕРМІЯ»	PH 5/60/100	шт.	75	8,6	645
Радіатори «ТЕРМІЯ»	PH 5/60/120	шт.	147	10,2	1499,4
Радіатори «ТЕРМІЯ»	PH 5/60/140	шт.	84	13,2	1108,8
Труби сталеві водогазопровідні $d_y = 25$ мм	ДСТУ ISO 4200:2006	м	212	2,38	504,6
Труби сталеві водогазопровідні $d_y = 32$ мм	ДСТУ ISO 4200:2006	м	202	3,09	624,2
Труби сталеві водогазопровідні $d_y = 40$ мм	ДСТУ ISO 4200:2006	м	42	3,84	161,3

Труби сталеві водогазопровідні $d_y = 50$ мм	ДСТУ ISO 4200:2006	м	195	4,88	951,6
---	--------------------	---	-----	------	-------

1	2	3	4	5	6
Труби сталеві водогазопровідні $d_y = 63$ мм	ДСТУ ISO 4200:2006	м	72	5,1	367,2
Труби сталеві водогазопровідні $d_y = 75$ мм	ДСТУ ISO 4200:2006	м	20	6,3	126
Труби поліпропіленові $d_3 = 16$ мм	KAN-therm	м	1612	0,16	257,92
Труби поліпропіленові $d_3 = 20$ мм	KAN-therm	м	280	0,22	61,6
Труби поліпропіленові $d_3 = 25$ мм	KAN-therm	м	424	0,33	139,9
Труби поліпропіленові $d_3 = 32$ мм	KAN-therm	м	138	0,52	71,76
Кран прохідний кульковий 11610бк $d_y = 16$ мм	ДСТУ Б В.2.5-15-99	шт.	338	0,6	202,8
Кран прохідний кульковий 11610бк $d_y = 25$ мм	ДСТУ Б В.2.5-15-99	шт.	216	1,2	259,2
Кран прохідний кульковий 11610бк $d_y = 32$ мм	ДСТУ Б В.2.5-15-99	шт.	24	3,63	87,1
Кран прохідний кульковий 11610бк $d_y = 50$ мм	ДСТУ Б В.2.5-15-99	шт.	3	5,31	15,9
Фільтр сітчатий латунний $d_y = 25$ мм	У222	шт.	27	0,51	13,8
Лічильник	POLLUCOM E-25	шт	216	0,86	185,8
Електроди	Э42А	кг			22,9
Ґрунтовка ГФ-021	ДСТУ ISO 1513:2014	м <sup>2</sup>	91,75	0,03	2,75
Фарба олійна	ДСТУ ISO	м <sup>2</sup>	91,75	0,06	5,5

	1513:2014				
					14835,63

Продовження таблиці 3.5

Для електродугового зварювання труб використовуємо такий тип електродів Э42А, марки ОЗС-2 діаметром 5,0 мм.

Необхідна кількість ґрунтовки та фарби для пофарбування поверхонь газопроводів:

- для ґрунтування необхідно 0,03 кг на 1 м<sup>2</sup>;  $0,03 \cdot 91,75 = 2,75$ (кг);
- для пофарбування 0,06 кг на 1 м<sup>2</sup>;  $0,06 \cdot 91,75 = 5,5$  (кг).

Газове зварювання та різка виконується за допомогою ацетилену в балонах по ДСТУ 5457-75, для газового зварювання та різки – кисень технічний по ДСТУ 5583:2009, для транспортування газу до місця різки чи зварювання – шланги ДСТУ Б В.2.5-10-97.

Витрата допоміжних матеріалів на монтаж трубопроводів систем опалення та гарячого водопостачання наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Витрата допоміжних матеріалів на монтаж трубопроводів системи газопостачання

Допоміжні матеріали	Одиниці виміру	Витрата матеріалів при d трубопроводів, мм					
		25	32	40	50	63	75
1	2	3	4	5	6	7	8
Льон (прядиво)	кг	0,03	0,029	0,014	0,027	0,018	0,01
Оліфа природна	кг	0,03	0,029	0,014	0,027	0,018	0,01
Сурик свинцевий	кг	1,27	1,26	1,01	1,24	1,02	1
Білила густо терті МА-011-1	кг	0,06	0,06	0,02	0,06	0,03	0,01
Електроди Э42А, d=5мм	кг	4,2	4	0,8	7,8	4,8	1,3
Дріт електродний для зварювання, d=4мм	кг	1,6	1,5	0,48	2,1	1,8	0,5

Кріплення	шт. (кг)	21 (3,6)	20 (2,5)	8 (2)	19 (3,3)	14 (2,8)	10 (2,5)
Кисень технічний	м <sup>3</sup>	0,17	0,17	0,09	0,17	0,13	0,1
$\Sigma=56,63$ кг							

Витрата допоміжних матеріалів на монтаж обладнання котельні наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Витрата допоміжних матеріалів на монтаж обладнання котельні

Допоміжні матеріали	Одиниці виміру	Витрата матеріалів
1	2	3
Льон (прядиво)	кг	0,18
Оліфа природна	кг	5,88
Масло індустріальне	кг	0,42
Білила густо терті МА-011-1	кг	8,4
Електроди Э42А, d=5мм	кг	8,22
Графіт подрібнений	кг	5,04
Прокладки резинові	кг	0,42
Азбестовий картон	кг	1,2
Болти з гайками та шайбами d=16 мм	кг	10,6
		$\Sigma=40,36$ кг

Витрата допоміжних матеріалів на монтаж опалювальних приладів наведено в таблиці 3.8

Таблиця 3.8 – Витрата допоміжних матеріалів на монтаж опалювальних приладів

Допоміжні матеріали	Одиниці виміру	Витрата матеріалів
1	2	3
Шурупи з напівкруглою головкою, діаметр стержня 6 мм, довжина 40 мм	кг	6,75
Кронштейни	(шт) кг	(338) 37,6



	$\Sigma = 44,35 \text{ кг}$
--	-----------------------------

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначається за формулою:

$$E = P \cdot \tau \cdot k, \quad (3.9)$$

де  $P$  – потужність приладу, кВт;

$\tau$  – термін роботи приладу, год.;

$k$  – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання.

Витрати електроенергії на роботу зварювального апарату GYMI TIG 180 AC/DC приймається:  $P = 3,4 \text{ кВт}$ ,  $\tau = 140 \text{ год.}$ ,  $k = 0,5$ .

$$E = 3,4 \cdot 140 \cdot 0,5 = 238 \text{ (кВт·год)}.$$

Необхідна кількість пального для доставки матеріалів та обладнання на будівельний майданчик визначається за формулою:

$$Q = Q \cdot 2 \cdot n \cdot l \quad (3.10)$$

де  $l$  – відстань 30 км;

$n$  – кількість ходок,  $n=3$ ;

$Q$  – витрата пального, 14л/100км.

$$Q = 0,14 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 30 = 25,2 \text{ (л)}.$$

### 3.7 Монтажне регулювання та здача систем в експлуатацію

Після закінчення монтажу систем опалення та гарячого водопостачання, а також після зупинки й ремонту здійснюється пуск систем в дію. Він включає наступні основні операції: підготовку системи до пуску, гідравлічне випробування, промивання системи, підключення її до котельні, установлення циркуляції теплоносія [33].

Перед пуском необхідно зробити зовнішній огляд системи й установити наступне: відповідність проекту трасування, діаметрів і ухилів, трубопроводів, а також якість фарбування й теплоізоляції трубопроводів; наявність, правильність установки й справність запірно-регулюючих арматур, повітровідвідних пристроїв, конденсатовідвідників, грязевиків, елеваторів, обвідних ліній, підживлювальних

насосів, контрольно-вимірювальних приладів і іншого встаткування; відповідність проекту типу й кількості секцій нагрівальних приладів, кріплення їх до трубопроводів. Всі виявлені при огляді несправності заносяться в дефектну відомість і підлягають усуненню.

Перед пуском системи варто забезпечити прогрівши приміщення котельні до  $+5^{\circ}\text{C}$ , випробувати вхолосту роботу циркуляційних насосів. До пуску системи не можна робити теплоізоляцію труб, оскільки промерзла в холодний час теплоізоляція буде віднімати значну кількість теплоти на своє відігрівання.

Наповнення системи, особливо початкове, досить відповідально, тому що наявність у ній прихованих дефектів може привести до заливання приміщень. Наповнення виконується кваліфікованими слюсарями, розставленими парами на кожний під'їзд або виділену частину будинку. На тепловому пункті (або в котельні) повинен перебувати черговий слюсар, що регулює подачу води в систему, а зовні будинку – спостерігач для зв'язку.

Систему можна наповнювати водою під тиском водогінної мережі, а у випадку його недостатності – за допомогою ручного насоса й іноді циркуляційного насоса в котельні. Наповнення системи треба робити плавно, поступово відкриваючи прохідний перетин впускного вентиля або засувки.

Системи опалення з верхнім розведенням наповнюються через зворотну магістраль для кращого видалення повітря.

Для контролю за наповненням системи у верхню пробку одного з радіаторів на кожному поверсі доцільно встановлювати тимчасовий кран. Спостереження за ходом наповнення й за станом системи слюсарі починають із нижніх поверхів. Місця, де виявлені незначні течії в з'єднаннях, позначають крейдою або усувають без припинення наповнення. Великі дефекти варто ліквідувати можливо швидше, для чого необхідно призупинити наповнення й понизити рівень стояння води в системі.

Після заповнення приладів останнього поверху варто зробити контрольний огляд устаткування в нижніх поверхах, тому що в з'єднаннях з ростом гідростатичного тиску може з'явитися теча. У процесі наповнення системи виробляється не

менш чим дворазовий випуск повітря через всі повітровідвідні пристрої (повітрозбірники, повітровипускні крани) до витікання з них струменя води.

### **Гідравлічне випробування системи.**

Перед початком випробувань систему потрібно прогріти до розрахункової температури води, витримати при цій температурі протягом доби, потім остудити. Це дозволить виявити ті дефекти, які можуть виникнути в з'єднаннях під впливом температурних подовжень.

При наповненні системи водою для гідравлічного випробування варто звернути особливу увагу на видалення повітря із системи, тому що при наявності його тиск при випробуванні буде підніматися повільно й створюється неправильне уявлення про щільність з'єднань.

Для гідравлічного випробування систему опалення треба ізолювати від трубопроводів котельні засувками; всі повітропускні крани повинні бути перекриті. Розширювальний бак варто від'єднати, а приєднувальні трубопроводи перекрити заглушками.

Тиск у системі створюється за рахунок фактичного тиску води в міському водопроводі або спеціальному гідропресі. Труба від водопроводу (або гідропреса) приєднується до зворотної лінії системи. При гідравлічних випробуваннях варто застосовувати тільки перевірені манометри із ціною поділки шкали 1 кПа. Величина випробовуваного тиску залежить від виду системи й способу теплопостачання.

Таблиця 3.9 – Величини випробовуваного тиску

	Випробуваний тиск, атм. (МПа)
Водяне опалення: від місцевої котельні: підключені до теплової мережі з панельними радіаторами:	Рроб. ÷ 1 ат., але $\geq 3$ атм. (0,3) в нижні точці 6 (0,6)
з конвекторами:	10 (1,0)
Панельне опалення:	10 (1,0)

Система вважається такою, що витримала випробування на щільність, якщо протягом 5хв. знаходження її під іспитовим тиском падіння тиску по манометрі не

перевищує 0,02 МПа. При виявленні течі в процесі випробування спорожнити систему й установити дефекти. Ліквідація течі без спуску води шляхом підкакування неприпустима, оскільки таким способом текти може бути усунута тільки на короткий час.

**Промивання систем.** Після монтажу, а також улітку систему опалення необхідно промити (для видалення бруду й шлаків) - багаторазово й швидко спустити воду із системи. Для цього в самій нижчій точці системи встановлюємо штуцер великого діаметра (80-100 мм), до якого приєднуємо трубу або шланг із виводом у каналізацію. Більше ефективного застосування води зі стисненим повітрям для створення в системі бурхливого (зі значною швидкістю) руху води (барботаж).

**Установлення циркуляції теплоносія.** Нормальна циркуляція води досягається при витраті її з тепломережі, що відповідає встановленому ліміту. У системі циркуляція води здійснюється циркуляційними насосами. Включивши один з них, відкриваємо засувку на зворотному колекторі, потім на подавальному.

Після монтажу при пуску системи в експлуатацію поводимо теплове обстеження шляхом зовнішнього огляду. Мета його — виявлення й досягнення рівності прогріву всіх нагрівальних приладів; розрахункових параметрів теплоносія в тепловому центрі або в котельні; відсутності помітної течі в з'єднаннях; безшумності роботи системи; здатності системи підтримувати в приміщеннях необхідну *tв*. Всі помічені при огляді недоліки усуваються: при здачі системи в експлуатацію - монтажною організацією.

Охолодження приміщень по-різному не тільки протягом опалювального сезону; воно може змінюватися навіть протягом одного дня. Температуру повітря в окремих приміщеннях бажано підтримувати постійної або змінювати за заданим законом (зниження температури в нічні годинники, у неробочий час та ін.). Тому при експлуатації систем опалення кількість тепла, що подається в будинки, повинне регулюватися протягом дня.

Місцеве регулювання здійснюється з урахуванням особливостей розташування даного будинку (вплив вітру й сонячної радіації), його теплотривкості, транспортно-го запізнювання теплоносія при русі від джерела тепла до будинку.

Індивідуальне регулювання можна здійснювати, наприклад, за допомогою кранів подвійного регулювання в опалювальних приладах. Воно враховує в основному різні вимоги до температури повітря людей, що перебувають у приміщенні, і різні тепловиділення в приміщеннях.

Регулювання систем опалення здійснюється по так званому опалювальному графіку, що встановлює зв'язок між параметрами теплоносія (температурою й витратою води) і температурою зовнішнього повітря.

Разом зі зміною температури зовнішнього повітря й відповідно температури гарячої води змінюється й температура зворотної води, а також різниця температури гарячої й зворотної води в котлі циркулюючої в системі опалення. Це означає, що в системах разом з якісним регулюванням теплоносія відбувається й кількісне регулювання.

У системі опалення при насосній циркуляції можна знехтувати впливом природного тиску від остигання води в опалювальних приладах нижнього поверху й прийняти з деяким допущенням, що маса води, що циркулює в системі при різній температурі зовнішнього повітря, незначно змінюється при збільшенні кінематичної в'язкості води.

У системах опалення з насосною циркуляцією, тиск що створює насос, під час усього опалювального сезону залишається, по суті, постійним.

При насосної, циркуляції води одночасно з якісним регулюванням автоматично відбувається й кількісне регулювання.

Здаючи системи опалення в експлуатацію, подають акт прийняття системи опалення в експлуатацію, акт гідравлічного випробування системи, акт приймання прихованих робіт.

### **Висновок до розділу 3**

В даній частині визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу систем опалення та гарячого водопостачання (табл. 3.5), потребу в допоміжних матеріалах (табл. 3.6-3.8), підібрано машини, механізми та пристосування для

виконання монтажних робіт, складено календарний план виконання робіт, в якому визначено склад ланок та розряд робітників (арк. 6). Виконано розрахунок техніко-економічних показників, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт – 718,76 люд/днів та тривалість виконання монтажних робіт – 37 днів.

#### **4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях**

Охорона праці – це система певних заходів, а саме: правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних, спрямованих на збереження здоров'я і життя, працездатності людини в процесі роботи.

Основною метою охорони праці є безпека праці, попередження виникнення травм та професійних захворювань, вибухів і пожеж на будівництві.

Основними завданнями охорони праці є наступні: забезпечення нормативних умов праці персоналу, виконання контролю за дотриманням техніки безпеки на будівництві, запобігання травмувань та попередження професійних захворювань.

За статистикою, вірогідність нещасних випадків на будівництві в Україні на цьому етапі перевищує такі ж показники в розвинутих зарубіжних країнах. Як наслідок травмування людини на будівництві знижується її продуктивності праці, виникають додаткові затрати на виплати компенсацій тим хто травмувався, з'являються соціально-економічні і психологічні проблеми як і в колективі, так і в окремих працівників, що пов'язані з нещасним випадком на будівництві.

При чіткому і неухильному дотриманні переліку усіх правил та вимог охорони праці, працівник може захистити себе від падінь, травмувань, опіків, уражень електричним струмом, різних професійних захворювань.

В даній дипломній роботі розглянуто проектну пропозицію комбінованої системи теплопостачання із сонячними колекторами. Тут використано обладнання, призначене для забезпечення тепловими навантаженнями системи опалення та гарячого водопостачання (дахова котельня із водогрійними котлами що працюють на природному газу, плоскі сонячні колектори, які розміщені на пласкому даху будинку).

Основними споживачами електричної енергії є засоби автоматики, асинхронні двигуни, панелі керування котлами, пальники та панелі їх керування, освітлення котельні.

На оперативно-ремонтний персонал котельні, згідно ГОСТ 12.0.003-74, діють такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1) фізичні:

- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- недостатнє природне освітлення;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена вологість повітря;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може пройти через тіло людини;
- незахищені рухомі елементи виробничого обладнання.

2) хімічні:

- загальнотоксичні речовини, які діють на нервову систему (окис вуглецю);
- подразнюючі речовини, що діють на очі, ніс, тіло людини (окис азоту; ангідрид сірчаний).

3) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

#### **4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта**

### 4.1.1 Електробезпека

Тип електричної мережі, від якої живиться устаткування котельні – трифазна, чотирипровідна електрична мережа 380х220В з глухозаземленою нейтраллю.

Оскільки у приміщенні котельні підвищена вологість, то по категорії умов небезпечності електротравматизму, приміщення котельні відноситься до категорії підвищеної небезпеки. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги.

Силове електроустаткування (пристрої живлення, розподілу, тощо) розміщується в приміщенні котельні. Апаратами захисту в системі живлення є автоматичні вимикачі з максимально-струмовими або комбінованими роз'єднувачами. Пускова апаратура – магнітні пускачі. Силове устаткування, а так само пускова апаратура розміщені в щиті електроживлення. Апаратура сигналізації розташована в щиті реєстрації.

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до короткого замикання. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ залежно від типу запобіжної пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту



При роботі обслуговуючого персоналу з електричними пристроями, що перебувають під напругою (при неможливості їх знеструмити) – застосовуються засоби захисту від дії електричного струму.

Засоби колективного захисту: екрани; переносні заземлення; огороження.

Засоби індивідуального захисту: діелектричні рукавички, боти, калоші, килими, підставки; монтерський інструмент із ізольованими ручками; оперативні й струмовимірювальні кліщі, штанги й т.п.

Електрозахистні засоби повинні періодично випробовуватися: придатність електрозахистних засобів підтверджується клеймом.

Норми і терміни електричних випробувань електрозахисних засобів:

- рукавички діелектричні - 1 раз в 6 місяців;
- калоші діелектричні - 1 раз в 12 місяців;
- ізолюючі накладки - 1 раз в 24 місяці.

#### **4.1.2 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць**

Приміщення котельні знаходиться на технічному поверсі будівлі, ізольоване від житлових приміщень і має розміри 8,1×7м при висоті стелі 3м. У цьому приміщенні розміщені: 2 газові котли, циркуляційні насоси (по 2шт. на системи опалення, ГВП та сонячних колекторів, 1шт – циркуляційний контур системи ГВП), розширювальні баки системи опалення та геліосистеми, теплообмінник системи ГВП, обладнання ХВО. Схема розміщення обладнання котельні наведена на аркуші 5.

Система тепlopостачання обладнана приладами управління і контролю, засобами автоматизації.

Проектне розташування газових котлів відповідає нормам приміщень для котлів та вимогам заводу-виробника. Відстань під виступаючих пальникових пристроїв до стіни, фронтальної для котлів 6м, що відповідає вимогам для котлів, які працюють на газоподібному паливі. Відстань від задньої стінки, від бокових стінок до стіни приміщення 0,5м та 1м відповідно, що відповідає вимогам заводу-виробника.

Допоміжне обладнання розташовується так, щоб забезпечити необхідну доступність і зручність обслуговування та ремонту. Забезпечено необхідну ширину проходів:

- між насосами і стіною – 0,5м;
- між допоміжним обладнанням і стіною – 0,7м;
- навколо устаткування – 1м.

## 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 4.2.1 Мікроклімат

Повітря робочої зони включає в себе: мікроклімат приміщень; склад повітряного середовища.

Відповідно ДСН – 3.3.6.042-99 під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат їх внутрішнього середовища, який визначається діючими на організм людини температурою, вологістю, швидкістю руху повітря та тепловим випромінюванням.

Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (категорія робіт Пб) відповідно до ДСН – 3.3.6.042-99 наведені в табл. 4.1.

Табл. 4.1 – Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт		Температура на робочих місцях, °С		Вологість на робочих місцях, %		Швидкість руху повітря на робочих місцях, м/с	
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних
Холодний	Середньої	Оптимальна	17-20	17-20	40-60	40-60	0,2	0,2

	важ- кості ПБ	Допус- тима	15-23	10-24	75	75	0,4	0,4
Теп- лий	Сере- дньої важ- кості ПБ	Опти- мальна	20-23	20-23	40-60	40-60	0,3	0,3
		Допус- тима						

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату у приміщенні котельні влаштовується припливно-витяжна вентиляція. Фактичні параметри відповідають вимогам, приведеним в таблиці 4.1.

#### 4.2.2 Склад повітря робочої зони

Котельня працює на природньому газу. При згоранні газоподібного палива виділяються такі шкідливі речовини, як оксиди вуглецю, оксиди азоту, сірчистий ангідрид та інші.

Для відведення димових газів служить димова труба, яка виходить з приміщення котельні через зовнішню стіну на висоту 3м. Труба призначена для розсіювання відведення димових газів від будівлі та їх розсіювання на висоті, для досягнення нормованих показників приземної концентрації шкідливих речовин.

Інтенсивність теплового опромінювання працюючих від нагрівних поверхонь технологічного обладнання не повинна перевищувати  $100 \text{ Вт/м}^2$  – при випромінюванні не більше 25% поверхні тіла.

З метою профілактики теплових травм температура зовнішніх поверхонь технологічного обладнання не повинна перевищувати  $45^\circ\text{C}$ .

Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинна перевищувати ГДК, згідно із ГОСТ 12.1.005-88. В таблиці 4.2 наведено ГДК шкідливих речовин, що є забруднювачами повітря робочої зони.

Табл. 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для приміщення котельні (ГДК)

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Азоту двоокис NO <sub>2</sub>	0,085	0,085	2
Ангідрид сірчаний SO <sub>2</sub>	0,5	0,05	3
Окис вуглецю CO	3	1	4

Для забезпечення нормативного складу повітря робочої зони у приміщенні влаштовується припливно-витяжна вентиляція.

У приміщенні котельні передбачена установка газоаналізатора з датчиками контролю загазованості, які налаштовані на гранично допустиму концентрацію природного газу. Газоаналізатор має світлову та звукову сигналізацію а також вихід на аварійне відключення подачі природного газу.

Для запобігання витоків газоподібних речовин фланцеві з'єднання газопроводів, по яких рухаються ці речовини ущільнюються паронітом

### 4.2.3 Освітлення робочої зони

Приміщення котельні анаторію повинно бути забезпечене природнім освітленням, а в нічний час - електричним освітленням. Місця, які з технічних причин не можна забезпечити природнім освітленням, повинні мати електричне освітлення. Освітленість повинна відповідати ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення»[42].

Крім робочого освітлення в котельнях повинно бути аварійне електричне освітлення.

Робоче і аварійне освітлення, електричне устаткування і його заземлення повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок.

Характеристика зорової роботи - загальні спостереження за проведенням виробничого процесу (постійне).

Природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення – КПО або  $e$ :

$$e = E_{\text{вн}}/E_{\text{зов}} \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

де  $E_{\text{вн}}$  – внутрішня природна освітленість у приміщенні в місці, що розглядається, лк;

$E_{\text{зов}}$  – зовнішня природна освітленість дифузним світлом всього небосхилу, виміряна одночасно з  $E_{\text{вн}}$ , лк.

Оператори котельні ведуть постійний нагляд за ходом технологічного процесу, слідкують за показаннями приладів. Характеристика зорової роботи персоналу – середньої точності. Контраст об'єкту розпізнавання з фоном – середній, фон – світлий. Відповідно до [42], розряд зорової роботи VI, підрозряд «г». При штучному загальному освітлені, освітленість – 150 лк, при комбінованому освітлені – 300 лк. Табличне значення природного освітлення складає 2%, суміщеного – 1,2%.

Нормативне значення коефіцієнта природної освітленості визначається за формулою:

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (4.2)$$

де  $e_N$  – табличне значення КПО;

$m_N$  – коефіцієнт світового клімату, в залежності від орієнтації вікон, 0,9 при орієнтації вікон на схід;

$N$  – номер групи забезпеченості природним світлом.

Отже, природне:  $e_N = 2 \cdot 0,9 = 1,8\%$ ;

суміщене:  $e_N = 1,2 \cdot 0,9 = 1,08\%$ .

В котельні природне освітлення верхнє і бокове. Штучне освітлення загальне і здійснюється за допомогою газорозрядних ламп.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, люмінесцентні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахува-

ти і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з люмінесцентними лампами розміщують рядами, що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

Підлягають обов'язковому обладнанню аварійним освітленням наступні місця:

- фронт котлів, а також проходи між котлами, позаду котлів і над котлами;
- щити та пульти управління;
- водовказівні і водовимірювальні прилади;
- вентиляторні площадки;
- устаткування водопідготовки;
- насоси, розширювальні баки.

Правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення відіграє важливу роль для створення високого та якісного рівня освітленості в приміщеннях і економії електроенергії, що витрачається на штучне електричне освітлення.

Експлуатація електричних пристроїв складається із:

- регулярного очищення віконних проїм будівель від забруднень;
- своєчасну заміну перегорілих ламп і контроль за рівнем напруги в освітлювальній мережі;
- реалізацію заходів, що сприяють зменшенню забруднення скла, як, наприклад, покриття скла спеціальними прозорими плівками, що легко видаляються при очищенні тощо;
- підвищення загального рівня культури експлуатації будівель, що забезпечує чистоту повітря у приміщенні і відсутність викиду в атмосферу пилу, а також регулярне фарбування та побілку.

Очищення скла у приміщеннях, де ведуться роботи з незначними виділеннями пилу, проводиться не рідше одного разу в рік, а побілка стелі і стін приміщень не рідше одного разу в три роки.

Очистку світильників рекомендується проводити не рідше двох разів на місяць. Ця робота може бути доручена тільки електрикам і повинна проводитися при відключеній напрузі в електромережі.

#### 4.2.4 Виробничий шум

Джерелом шуму в приміщенні котельні житлового будинку є шум від електронасосів системи теплопостачання та від вентиляторів димососів.

В таблиці 4.3 наведені допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочому місці при постійному шумі.

Табл. 4.3 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку на робочому місці

Робоче місце	Рівні звукового тиску, дБ в октавних полосах з середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Діючий рівень звуку в приміщенні становить 76-78 дБ, що знаходиться в межах норми.

#### 4.2.5 Виробничі вібрації

Джерелами вібрації в першу чергу є циркуляційні насоси, вентиляційні установки, газові котли. Від працюючого устаткування, системи вентиляції на працюючих може діяти негативний виробничий фактор – вібрація.

Систематичний вплив вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я і може стати причиною погіршення здоров'я. Вона впливає на нервову систему, серце, вестибулярний апарат, може порушити обмін речовин, сон людини і т.д.

Загальна вібрація на виробничій ділянці по джерелу виникнення відноситься до категорії третього типу «а» - технологічна, критерій оцінки – межа зниження продуктивності праці. Ця вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання або передається на робочі місця, де немає джерела вібрації.

Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях наведені в таблиці 4.4.

Табл. 4.4 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	<u>2,8</u> 115	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109	<u>1,4</u> 109

\* В чисельнику – середньквадратичне значення вібрації,  $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$ , в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами боротьби з вібрацією устаткування є зниження вібрації впливом на джерело збудження, відхилення від режиму резонансу, динамічне гасіння коливань. Для зменшення вібрації, обладнання встановлюється на гумові віброізолятори.

### 4.3 Розрахунок наслідків вибуху газоповітряної суміші в разі виникнення умовної аварії

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для горючих газів (ГГ), парів легкозаймистих та горючих рідин (ЛЗР і ГР) виконується в такій послідовності[40].



Густина газу або пари при розрахунковій температурі  $t_p$ ,  $\text{кг}\cdot\text{м}^3$ , визначається[40]:

$$\rho_{г.п} = \frac{M}{V_o \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} = \frac{16}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 27)} = 0,66, \quad (4.3)$$

де  $M$  – молярна маса речовини ( $M(C_xO_yH_z) = x \cdot M_C + y \cdot M_O + z \cdot M_H$ ),  $\text{кг}\cdot\text{кмоль}^{-1}$ ;

$$M(CH_4) = 1 \cdot 12 + 4 \cdot 1 = 16 \text{ кг}\cdot\text{кмоль}^{-1},$$

$V_o$  – мольний об'єм, що дорівнює  $22,413 \text{ м}^3\cdot\text{кмоль}^{-1}$ ;

$t_p$  – розрахункова температура,  $27^\circ\text{C}$  (максимально можлива температура повітря в даному приміщенні);

$C_{ст}$  – стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.), що визначається за формулою[40]:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (4.4)$$

де  $\beta = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_o}{2}$  – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції згоряння (при розрахунку  $\beta$  атоми азоту не враховуються);

$$\beta = 1 + \frac{4}{4} = 2,$$

$n_c, n_n, n_o, n_x$  – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі ГГ або парів ГР;

$K_n$  – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неадіабатичність процесу горіння (приймається  $K_n=3$ ).

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 2} = 9,36\%.$$

Масу  $m$ ,  $\text{кг}$ , газу, що потрапив до приміщення під час розрахункової аварії, визначаємо за формулою[40]:

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_{г.п}, \quad (4.5)$$

де  $V_a$  – об'єм газу, що вийшов з апарата,  $\text{м}^3$ ;

$V_T$  – об'єм газу, що вийшов з трубопроводів,  $\text{м}^3$ ;

$\rho_{г.п}$  – густина газу при розрахунковій температурі  $t_p$ ,  $\text{кг}\cdot\text{м}^3$ , що визначається за формулою (4.3).

При цьому:

$$V_a = \frac{P_1}{P_0} \cdot V = 0,01 \cdot P_1 \cdot V = 0,01 \cdot 2,5 \cdot 1,2 = 3 \text{ м}^3, \quad (4.6)$$

де  $P_1$  – тиск в апараті,  $2,5 \text{ кПа}$ ;

$V$  – об'єм апарата,  $1,2 \text{ м}^3$ ;

$P_0$  – атмосферний тиск, що дорівнює  $101,3 \text{ кПа}$ .

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (4.7)$$

де  $V_{1T}$  – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу до його перекривання,  $\text{м}^3$ ;

$V_{2T}$  – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу після його перекривання,  $\text{м}^3$ .

$$V_{1T} = q \cdot \tau = 0,007 \cdot 120 = 0,84 \text{ м}^3, \quad (4.8)$$

де  $q$  – витрата газу, яку визначають згідно з технологічним регламентом залежно від тиску у трубопроводі, його діаметру, температури газового середовища тощо,  $0,007 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$\tau$  – час перекривання ( $120 \text{ с}$ , якщо у режимі автоматики).

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + r_n^2 \cdot L_n) = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot (0,04^2 \cdot 2 + 0,05^2 \cdot 3 + 0,03^2 \cdot 5) = 0,14 \text{ м}^3, \quad (4.9)$$

де  $P_2$  – максимальний тиск у трубопроводі за технологічним регламентом,  $3 \text{ кПа}$ ;

$r$  – внутрішній радіус трубопроводів,  $r_1; r_2; r_3 = 0,04; 0,05; 0,03 \text{ м}$ ;

$L$  – довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувки,  $L_1; L_2; L_3 = 2; 3; 5 \text{ м}$ ;

$P_0$  – атмосферний тиск, що дорівнює  $101,3 \text{ кПа}$ .

Тоді:

$$V_T = 0,84 + 0,14 = 0,98 \text{ м}^3,$$

$$m = (3 + 0,98) \cdot 0,66 = 2,63 \text{ кг}.$$

Надлишковий тиск вибуху  $\Delta P$  для горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F визначається за формулою[40]:

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{вир}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_H} = (900 - 101) \cdot \frac{8,63 \cdot 1,3}{170,1} \cdot \frac{100}{9,36} \cdot \frac{1}{1,1} = 4552 \text{ Па}, \quad (4.10)$$

де  $P_{max}$  – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі (приймається  $900 \text{ кПа}$ );

$P_0$  – початковий тиск,  $\text{кПа}$  (приймається  $101 \text{ кПа}$ );

$m$  – маса ГГ або парів ЛЗР та ГР, що потрапили в результаті розрахункової аварії до приміщення,  $\text{кг}$ ;

$Z$  – коефіцієнт участі ГГ або парів у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення,  $Z=1,3$ ;

$V_{вільн}$  – вільний об'єм приміщення,  $170,1\text{м}^3$ .

Розрахунок горизонтальних розмірів зон, що обмежують газо- і пароповітряні суміші з концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я (далі – СНКМП), у разі аварійного надходження горючих газів і парів легкозаймистих рідин, не нагрітих вище температури оточуючого середовища, до відкритого простору.

Горизонтальні розміри зони, м, які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я ( $C_{нкмт}$ ), обчислюють за формулами[40]:

- для горючих газів (ГГ):

$$R_{нкмт} = 14,5632 \cdot \left( \frac{m_{ГГ}}{\rho_{ГГ} \cdot C_{нкмт}} \right)^{0,333} = 14,5632 \cdot \left( \frac{2,63}{0,66 \cdot 14} \right)^{0,333} = 9,6 \text{ м}, \quad (4.11)$$

де  $m_{ГГ}$  - маса ГГ, що надійшли до відкритого простору під час аварійної ситуації, кг;

$\rho_{ГГ}$  – густина ГГ при розрахунковій температурі й атмосферному тиску,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ;

$C_{нкмт}$  - нижня концентраційна межа поширення полум'я ГГ 14 % (об.).

За початок відліку горизонтального розміру зони приймають зовнішні габаритні розміри апаратів, установок, трубопроводів тощо. У всіх випадках значення  $R_{нкмт}$  повинно бути не менше 0,3 м для ГГ і ЛЗР.

### **Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання внаслідок вибуху**

Інтенсивність теплового випромінювання розраховуємо для пожежі «вогненна куля». Інтенсивність теплового випромінювання  $q$ ,  $\text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  обчислюємо за формулою:

$$q = E_f \cdot F_q \psi, \quad (4.12)$$

Де  $E_f$  – середньоповерхнева густина теплового потоку випромінювання полум'я,  $\text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ , величину  $E_f$  приймаємо рівною  $450 \text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ ;

$F_q$  – кутовий коефіцієнт опромінення;

$\psi$  – коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу.

Значення  $F_q$  обчислюємо за формулою[40]:

$$F_q = \frac{H/D_s + 0,5}{4 \cdot [(H/D_s + 0,5)^2 + (r/D_s)^2]^{1,5}}, \quad (4.13)$$

де  $H$  – висота центра «вогняної кулі», м;

$D_s$  – ефективний діаметр «вогняної кулі», м;

$r$  – відстань від об'єкта, що опромінюється, до точки на поверхні землі безпосередньо під центром «вогняної кулі», м.

Ефективний діаметр «вогняної кулі»  $D_s$ , м, визначаємо за формулою[40]:

$$D_s = 5,33 \cdot m^{0,327} = 5,33 \cdot 2,63^{0,327} = 7,3 \text{ м}, \quad (4.14)$$

де  $m$  – маса горючої речовини, кг.

$$F_q = \frac{3,65/7,3 + 0,5}{4 \cdot [(3,65/7,3 + 0,5)^2 + (5/7,3)^2]^{1,5}} = 0,11$$

Значення  $H$  приймаємо рівним  $D_s/2$ .

Час існування «вогняної кулі»  $t_s$ , с, визначаємо за формулою[40]:

$$t_s = 0,92 \cdot m^{0,303} = 0,92 \cdot 2,63^{0,303} = 1,23 \text{ с}. \quad (4.15)$$

Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу  $\psi$  розраховуємо за формулою[40]:

$$\psi = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2)]. \quad (4.16)$$

$$\psi = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{5^2 + 3,75^2} - 7,3/2)] = 0,99$$

Отже, відповідно до отриманих результатів (діаметр вогняної кулі під час спалухування газоповітряної суміші 7,3 м; час її існування 1,23 с; надлишковий тиск 4552 Па; інтенсивність теплового випромінювання 49,1 кВт·м<sup>2</sup>) можна зробити такі висновки:

- від ударної хвилі можливі руйнування застелення, легких перегородок, розкриття легкоскладаних конструкцій та дверей, що не вплине на несучу здатність будівельних конструкцій;

- циркуляційні насоси, розширювальні баки, установка ХВО, контрольно-вимірювальні прилади, пункти управління та кабельні лінії які заходяться в приміщенні котельні можуть отримати слабкі руйнування внаслідок дії ударної хвилі;

- теплова ізоляція трубопроводів за час існування вогняної кулі не спалахне.

Також побудовано зону поширення полум'я під час вибуху, яку зображено на

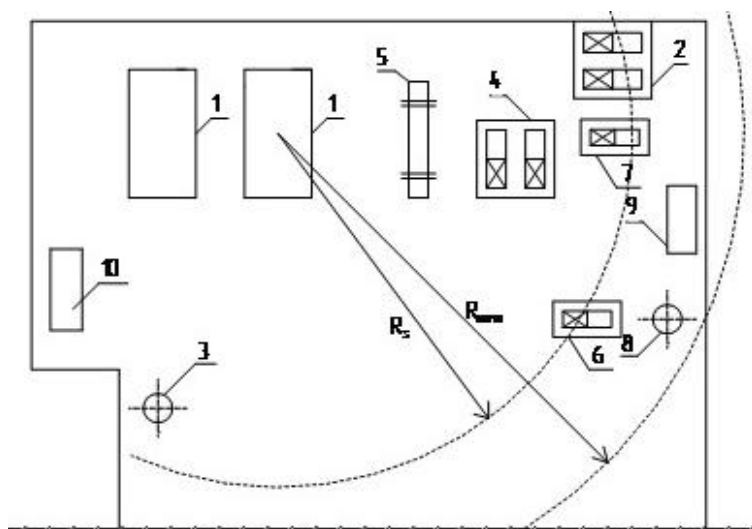


рис. 5.1.

Рис. 5.1 – Зона поширення полум'я під час вибуху (1 - газовий котел; 2,4,6,7 - циркуляційні насоси; 3,8 - розширювальні баки; 5 - теплообмінник; 9 - установка ХВО; 10 - пункт управління)

Пожежна безпека котельні забезпечується: системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту, організаційно-технічними заходами. Тому на газопроводі, що заходить в котельню встановлюється клапан-відсічник, який автоматично перекриває подачу газу за умов загазованості котельні, спрацюванні системи пожежної сигналізації та при відключенні електроживлення котельні. Клапан відкривається одночасно з відновленням подачі електроенергії на блок живлення клапана (за умови відсутності загазованості приміщення котельні). Блок керування та сигналізації встановлені в приміщенні котельні.

#### Висновок до розділу 4

В даному розділі були розглянуті питання охорони праці та пожежної безпеки у разі вибуху газоповітряної суміші. Описано вимоги до робочого місця (оптимальні комфортні умови) при моделюванні системи теплопостачання (при роботі в котельні). Визначено особливості мікроклімату при роботі в котельні.

Описано вимоги до рівня освітленості при вищезгаданих умовах та допустимий рівень шуму і вібрації, що не перевищує діючих норм. Розглянуто питання електробезпеки при роботі з електричним обладнанням котельні та проаналізовано рівень впливу на людину, що працює на робочому місці.

Проаналізовано можливі наслідки від вибуху газоповітряної суміші, яка може утворитися при витіканні природного газу в приміщення котельні. Розроблено заходи протипожежної безпеки та дії при виникненні пожежі.

## 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

### 5.1 Розрахунок капітальних витрат

Зведення капітальних витрат на впровадження в систему теплопостачання будинку відновлювальних джерел енергії, а саме геліосистеми приведена в табл. 5.1.

Табл. 5.1 – Зведені капітальні витрати

Тип обладнання	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн	Обґрунтування
Сонячний колектор BAHI SB 25+ V	118	13473	1589814	
Насосна група: - насос Wilo CronoBloc	2	31774	63548	

BL 40/140; - розподільчий колектор HV 60/125	1	9886	9886	
Накопичувальний бак BAXI AS 5000 IN E	4	58371	233484	
Розширювальний бак для геліосистеми Reflex NG100	1	4668	4668	
Теплоізольована труба K-FLEX TWIN SOLAR, 1м	175	526	92050	
Контролер управління геліосистемою BAXI Comfort+ HE	1	19104	19104	
Теплоносій Тепло-30П Solar, 1л	450	56	25200	
Всього: 1993106				

Розраховуємо вартість монтажних-налагоджувальних робіт,  $K_{MH}$ , грн.:

$$K_{MH} = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np}, \quad (5.1)$$

де  $Ч$  – кількість інженерів-монтажників, зайнятих для виконання даних робіт, ( $Ч = 6$  чол.);

$a$  – посадовий оклад інженерів монтажників, ( $a = 62$  грн);

$t$  – час на виконання монтажних-налагоджувальних робіт, ( $t = 360$  год);

$K_d$  – коефіцієнт, що враховує розмір доплат, ( $K_d = 1,1$ )[24];

$K_{cm}$  – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи, ( $K_{cm} = 1,22$ )[24];

$K_{np}$  – коефіцієнт, що враховує інші затрати, ( $K_{np} = 1,05$ )[24].

$$K_{MH} = (6 \cdot 62 \cdot 360) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 188707 \text{ грн}$$

Розраховуємо вартість транспортування та підйому обладнання, виходячи з розмірів та ваги обладнання:

$$K_{тран} = 31700 \text{ грн.}$$

Розраховуємо величину проектних капіталовкладень,  $K_{пр}$ , грн:

$$K_{пр} = K_{об} + K_{MH} + K_{тран} = 1993106 + 188707 + 31700 = 2213513 \text{ грн} \quad (5.2)$$

## 5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат відносяться:

- амортизаційні відрахування ( $C_a$ );
- витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання ( $C_m$ );
- вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування ( $C_e$ ).

### 5.2.1 Амортизаційні відрахування

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основних засобів, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання.

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Розраховуємо норму амортизації при прямолінійному методі, постійно протягом всього амортизаційного періоду,  $H_a$ , %:

$$H_a = \frac{\Phi_{II} - L}{\Phi_{II} \cdot T_{II}} \cdot 100\%, \quad (5.3)$$

Де  $\Phi_{II}$  – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів, грн;

$L$  – ліквідаційна вартість основних коштів, в даному випадку їх визначити неможливо, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється приймати  $L = 0$ ;

$T_{II}$  – строк корисного використання (амортизаційний період), рік, приймаємо  $T_{II} = 12$  років[29].



$$H_a = \frac{2213513-0}{2213513 \cdot 12} \cdot 100 = 8,3\%.$$

Тоді річні амортизаційні відрахування за прямолінійним методом,  $C_a$ , грн:

$$C_a = \frac{\Phi_{П} \cdot H_a}{100} = \frac{2213513 \cdot 8,3}{100} = 183721 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

### 5.2.2 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт подібних установок визначається укрупнено у відсотках від капітальних витрат: для даного обладнання – 1%.

Розраховуємо річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання,  $C_T$ , грн:

$$C_T = \sum_{i=1}^n (R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\Phi}), \quad (5.5)$$

де  $n$  – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

$R_i$  – годинна ставка робітників, що виконують ремонт, ( $R_i = 62$  грн);

$t_i$  – трудомісткість одного ремонту при категорії тяжкості ремонту в одну ремонтну одиницю, в залежності від виду ремонту, год/од., при середньому ремонті 8 год/од.;

$m_i$  – число ремонтів за рік, од., ( $m_i = 1$ );

$R_{\Sigma i}$  – сумарна категорія тяжкості ремонту в залежності від виду електрообладнання, так як потужність від 0,5 до 5 кВт, то приймається 1,3;

$S_i$  – вартість однотипних замінних елементів, грн; (складають 410 грн);

$\Pi_i$  – кількість однотипних замінних елементів, (од., 7 од.);

$T_i$  – середній термін служби деталей даного типу, год, ( $T_i = 28530$  год);

$T_{\Phi}$  – число годин роботи обладнання в рік, (8760 год)

$$C_T = 62 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1,3 + \frac{410 \cdot 7}{28530} \cdot 8760 = 1526 \text{ грн.}$$

### 5.2.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Розраховуємо кількість спожитої за рік електроенергії  $W_{роз}$ , кВт·год:

$$W_{роз} = T \cdot P_{м.сум.}, \quad (5.6)$$

де:  $P_{м.сум.}$  – активне навантаження всіх електроприладів, кВт, ( $P_{м.сум.} = 4,5$ кВт);

$T$  – номінальний час роботи електрообладнання на рік, (8760 год).

$$W_{роз} = 4,5 \cdot 8760 = 39420 \text{ кВт·год.}$$

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року,  $C_e$ , грн:

$$C_e = W_{роз} \cdot C_e, \quad (5.7)$$

де  $C_e$  – тариф на електроенергію станом на 01.09.2019р, ( $C_e = 1,68$  грн/кВт·год),

$$C_e = 39420 \cdot 1,68 = 66225 \text{ грн.}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть,  $C$ , грн:

$$C = C_a + C_T + C_e = 183721 + 1526 + 66225 = 67751 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

### 5.3 Визначення терміну окупності проекту

Визначаємо річну економію коштів,  $E$ , на теплопостачання будинку порівняно із традиційними технологіями (дахова котельня на природному газу).

$$E = V_{Г.1} \cdot C_G, \quad (5.9)$$

де  $C_G$  – вартість природного газу станом на 01.09.2019р, ( $C_G = 7,03$  грн/м<sup>3</sup>);

$V_{Г.1}$  – економія газу за рахунок заміщення витрат геліосистемою, м<sup>3</sup>.

В середньому обсяг споживання теплової енергії даного будинку становить  $W_p = 1481947$  кВт·год. При спалюванні природного газу, з теплотворною здатністю  $8200$  ккал/м<sup>3</sup> =  $9,536$  (кВт·год)/м<sup>3</sup>, в конденсаційному котлі ВАХІ Power НТ 1.280, з ККД  $\eta_k = 97,3\%$ , обсяг споживання теплової енергії будинком,  $W_p$ , еквівалентний спалюванню  $V_G$  м<sup>3</sup> газу:

$$V_{\Gamma} = \frac{W_p}{9,536 \cdot \eta_k} = \frac{14811947}{9,536 \cdot 0,973} = 159718 \text{ м}^3. \quad (5.10)$$

Вартість природного газу, спожитого об'єктом проектування протягом року буде дорівнювати,  $C_{\Gamma}$ , грн:

$$C_{\Gamma} = V_{\Gamma} \cdot \Pi_{\Gamma}, \quad (5.11)$$

$$C_{\Gamma} = 159718 \cdot 7,03 = 1122817 \text{ грн.}$$

Сумарна річна теплопродуктивність геліосистеми становить  $W_{\text{сон.кол.}} = 729319$  кВт·год., що еквівалентно спалюванню об'єму  $V_{\Gamma.1}$  м<sup>3</sup> природного газу:

$$V_{\Gamma.1} = \frac{W_{\text{сон.кол.}}}{9,536 \cdot \eta_k} = \frac{729319}{9,536 \cdot 0,973} = 78603 \text{ м}^3.$$

Річна економія коштів, за рахунок заміщення потреб у тепловій енергії будинку енергією від геліосистеми, становитиме:

$$E = 78603 \cdot 7,03 = 552579 \text{ грн.}$$

Розраховуємо термін окупності для даного проекту, за умови, що ціна на природний газ не буде зростати, в протилежному випадку термін окупності зменшиться,  $T_{\text{ок}}$ , років:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{пр}}}{E - C} = \frac{2213513}{552579 - 67751} = 4,57 \text{ років.} \quad (5.12)$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності (прибутковості) капітальних витрат,  $E_p$ :

$$E_p = \frac{E - C}{K_{\text{пр}}} = \frac{552579 - 67751}{2213513} = 0,22. \quad (5.13)$$

Нормативне значення коефіцієнта ефективності,  $E_n$ :

$$E_n = \frac{1}{T_{\text{оч}}} = \frac{1}{10} = 0,1, \quad (5.14)$$

де  $T_{\text{оч}}$  - очікуваний термін окупності даного проекту (гарантійний термін служби сонячних колекторів),  $T_{\text{оч}} = 10$  років.

Відповідно :

$$E_p > E_n \rightarrow 0,22 > 0,1,$$

умова  $E_p > E_n$  виконується, а отже економічно підтверджується впровадження проектного варіанту.

## **Висновок до розділу 5**

При виконанні даної частини були проведені розрахунки капітальних витрат, які пов'язані з монтажем обладнання для будинку, вони склали 2213513 грн.

Проведено розрахунок річних експлуатаційних витрат, які склали 67751 грн. До них віднесли: річні амортизаційні відрахування, витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання, витрати на електроенергію, яка споживається об'єктом за рік.

Також було розраховано термін окупності даного проекту, який склав 4,57 років, що є прийнятним терміном для даного проекту.

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

В результаті виконання магістерської дипломної роботи запропоновано проектне рішення системи теплопостачання багатоповерхового житлового будинку із сонячними колекторами.

Виконано наступні задачі:

1. Складено розрахункову схему до моделювання теплового розрахунку будівлі

2. Здійснено моделювання та проектні розрахунки теплотехнічних параметрів системи, які включають: теплотехнічний розрахунок, за результатом якого підібрано мінеральну вату товщиною  $\delta_{ут} = 0,15$  м для стіни, пінополістирольні екструзійні плити для підлоги та горищного перекриття  $\delta_{ут} = 0,12$  м та  $\delta_{ут} = 0,2$  м відповідно; розраховано тепловтрати які становлять  $Q_{втр.} = 331$  кВт.

3. Виконано теплотехнічний та гідравлічний розрахунки системи опалення; для опалення будинку підіюрані біметалеві радіатори Термія з мідно-алюмінієвим теплообмінником, виконано гідравлічний розрахунок трубопроводів конвективного опалення.

4. Виконано наступний проектний варіант креслень системи теплопостачання: схеми систем опалення та ГВП на планах поверхів, розташування сонячних колекторів на плані даху, аксонометричні схеми систем, вузли та розрізи елементів.

5. Підібрано два котли VAХІ Power NT 1.280 на опалення для дахової котельні загальною потужністю 510 кВт, циркуляційний насос Wilo Atmos CronoBloc-BL 65/120, балансувальний клапан ASV-P, сонячні колектори Вахі SB25+V, розширювальний бак Reflex NG 300.

6. Проведено гідравлічний та тепловий розрахунки системи гарячого водопостачання; розраховано максимальну годинну витрату теплоти на підготовку гарячої води яка становить  $Q_{Г.В.}^{max} 110,6$  кВт.

7. Підібрано наступне обладнання для системи ГВП: квартирний лічильник Valtec VLF-R 25, теплообмінник Pahlen Maxi-Flo MF 400, циркуляційний насос Wilo CronoBloc-BL.

8. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу систем опалення та гарячого водопостачання (табл. 3.5), потребу в допоміжних матеріалах (табл. 3.6-3.8), підібрано машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт, складено календарний план виконання робіт, в якому визначено склад ланок та розряд робітників (арк. 6).

9. Виконано розрахунок техніко-економічних показників, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт – 718,76 люд/днів та тривалість виконання монтажних робіт – 37 днів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Ковальов Ігор Олександрович. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії України : навч. посіб. для студ ВНЗ / І.О. Ковальов, О. В. Ратушний. – Суми : СумДУ, 2015. – 182 с.

2 Сонячні колектори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gravicappa.com.ua/ua/articles/sonyachni-kolektory-yak-se-pracyuye>.

3 Денисюк Сергій Петрович. Енергетична ефективність України : електронне видання / С. П. Денисюк, О. В. Коцар, Ю. В. Чернецька. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 79 с.

4 Житлові будинки. Основні положення : ДБН В.2.2–15:2019. – [чинний від 2019-12-01]. – К. : Державні будівельні норми України, 2019. – 84 с. – (Національні стандарти України).

5 Буферна ємність в комбінованій системі тепlopостачання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.teplobak.com.ua/ua/articles/bufernaya-emkost/>.

6 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної для магістрантів напряму підготовки «Будівництво та цивільна інженерія» / В.В.Джеджула, Г.С. Ратушняк, О.Д. Панкевич, І.В. Коц. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 39 с.

7 Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Опалення” для студентів напряму підготовки 092 – „Будівництво” / А.Ф. Пономарчук, І.А. Пономарчук, О.Б. Волошин. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 38с.

8 Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [чинний від 2011-11-01]. – Київ, 2011. – 127 с. – (Національні стандарти України).

9 Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6 – 31:2016. – [чинний від 2007-04-11]. – К. : Державні будівельні норми України, 2016. – 71 с. – (Національні стандарти України).

10 Опалення, вентиляція та кондиціонування : ДБН В.2.5 – 67:2013. – [чинний від 2014-01-01]. – К. : Державні будівельні норми України, 2013. – 141с. (Національні стандарти України).

11 Житлові будинки. Основні положення : ДБН В.2.2–15:2019. – [чинний від 2019-12-01]. – К. : Державні будівельні норми України, 2019. – 84 с. – (Національні стандарти України).

12 Настанова з налаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового та громадського призначення : ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010. – [чинний від 2010-09-01]. – Київ, 2010.– 45 с. – (Національні стандарти України).

13 Підбір котла [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://baxi.ua/page//produkcziya/kondensaczjn-kotli.html>.

14 Підбір розширювального бака [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reflex.kiev.ua>.

15 Підбір трубопроводів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ua.kan-therm.com//system\\_kan\\_therm/systems/system\\_kan\\_therm\\_pp.html](http://ua.kan-therm.com//system_kan_therm/systems/system_kan_therm_pp.html).

16 Підбір радіаторів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.termiya.com.ua/articles/66329/>.

17 Закон України «Про теплопостачання» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2633-15>.

18 Тарифи на опалення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://vmte.vn.ua/price\\_population.html](http://vmte.vn.ua/price_population.html).

19 Правила визначення вартості будівництва : ДСТУ Д.1.1-1-2013. – [чинний від 2014-01-01]. – К : Держбуд України, 2013. – 160с. – (Національні стандарти України).

20 Альтернативне опалення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tvoeteplo.com.ua/alternatyvne-opalennya/>.

21 Плоскі сонячні колектори ВАХІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://baxi.ua/page/produkcziya/teplov%D1%96-sonyachn%D1%96-sistemi.html>

22 Підбір бака-акумулятора [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kotly.org.ua/baki-akkumuljatory.html>.

23 Типи геліосистем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/uk/geliosistemi/tipi-geliosistem/>.



24 Підбір балансувальних клапанів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://herz.ua/ukr/tovarview/1/260/>.

25 Підбір трубопроводів теплотраси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/p593350938-truba-dlya-teplotrass;all.html>.

26 Підбір пластикових вікон [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iqenergy.org.ua/windows.html>.

27 Підбір циркуляційних насосів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wilo-eswo.com.ua/wilo-top-s>.

28 Внутрішній водопровід та каналізація : ДБН В.2.5 – 64:2012. – [чинний від 2013-03-01]. – К. : Державні будівельні норми України, 2012. – 64 с. – (Національні стандарти України).

29 Ратушняк Георгій Сергійович. Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції : навч. посіб. для студ ВНЗ / Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. – Вінниця.: ВДТУ, 2000. – 122 с.

30 Ратушняк Георгій Сергійович. Енергозбереження та експлуатація систем тепlopостачання: навч. посіб. для студ ВНЗ / Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. – Вінниця.: ВДТУ, 2002. – 120 с.

31 Настанова з улаштування систем сонячного тепlopостачання в будинках житлового і громадського призначення : ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010. – [чинний від 2010-09-01]. – Київ, 2010. – 45 с. – (Національні стандарти України).

32 Настанова з проектування та монтажу систем опалення із застосуванням сталевих панельних радіаторів : ДСТУ-Н Б В.2.5-62:2012. – [чинний від 2013-04-01]. – Київ, 201. – 38 с. – (Національні стандарти України).

33 Кінаш Роман Іванович. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт: навч. посіб. для студ ВНЗ / Р.І.Кінаш, С.С. Жуковський – Львів : Видавництво науково-технічної літератури, 1999. – 448 с.

34 Пономарчук Ігор Анатолійович. Опалення : навч. посіб. для студ ВНЗ / І.А. Пономарчук , К. В. Колесник – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 125 с.

35 Державна політика енергозбереження країн Європейського Союзу та України / Черніг. центр перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників

органів держ. влади, органів місц. самоврядування, держ. п-в, установ і орг.; У. С. Зінченко – Чернігів : ЦППК, 2011. – 56 с.

36 Продуктивність геліоколектора при різних режимах експлуатації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://www.buderus.ua/files//201307161714000>.

37 Зварювальний апарат для поліпропіленових труб [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ekoplastik.ua/rsp-2arm>

38 Інверторний зварювальний апарат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vdi-ua.com/gysmi/gysmi-207-ac-dc/>

39 Підбір автокрана [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.techstory.ua/krans/krantech/ks2561d\\_tech.htm](http://www.techstory.ua/krans/krantech/ks2561d_tech.htm)

40 Розрахунок наслідків вибуху газоповітряної суміші в разі виникнення умовної аварії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ovpolischuk.vk.vntu.edu.ua/file/749b2cff6bc0c905ee91cc302fec39fd.pdf>

41 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : ДСН – 3.3.6.042-99. – [чинний від 2000-01-19]. – Київ, 1999. – 34 с. (Державні Санітарні Правила і Норми).

42 Природне та штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. – [чинний від 2006-10-01]. – Київ, 2006. – 96 с. – (Державні будівельні норми України).