

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра інженерних систем у будівництві

Бакалаврська дипломна робота
на тему:
**«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ З ВИКОРИСТАННЯМ
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ»**

08-13.БДР.009.00.000 ПЗ

Виконав студент
4 – курсу, групи БТ-206
Спеціальності:
192 – Будівництво та цивільна інженерія
Мудрицький О.В.
(прізвище та ініціали, підпис)
Керівник к.т.н., проф. кафедри ІСБ
Коц І.В.
(прізвище та ініціали, підпис)

« » 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доцент

Попович М.М.
(прізвище та ініціали, підпис)
«11» 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.
(прізвище та ініціали, підпис)

«16» 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ, 2024

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування закладу вищої освіти)
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Інженерних систем у будівництві
Освітній ступінь бакалавр
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво
(шифр і назва)
Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)
Освітня програма 192 – Будівництво та цивільна інженерія



ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТА
Мудрицького Олександра Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврської дипломної роботи Енергоефективна система опалення житлової будівлі із використанням альтернативних джерел енергії
Керівник роботи Коц Іван Васильович, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

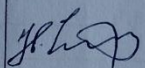
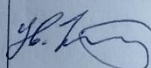
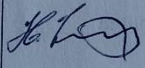
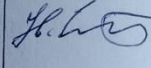
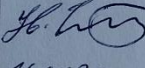
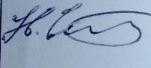
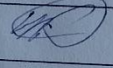
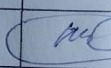
затверджена наказом закладу вищої освіти № 80 від «11» 03 2024 р.
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 1 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Архітектурно-будівельні креслення житлового будинку розташованого у м. Кам'янець-Подільський, теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій, технічні характеристики використовуваного обладнання. Для наукової частини роботи вихідними даними є аналіз відомих систем теплопостачання з використанням інших джерел енергії, а також результати теоретичних і практичних досліджень інших авторів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ (актуальність, мета і задачі, об'єкт, предмет та новизна наукових досліджень, практична значимість, методи досліджень), аналітичний огляд відомих систем теплопостачання з використанням різних джерел енергії, техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень та постановка задач дослідження, теоретичне обґрунтування вибору системи опалення і гарячого водопостачання на основі використання сонячних колекторів, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень, охорона праці, загальні висновки, список використаної літератури, додатки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Плакати: актуальність, мета і завдання, об'єкт і предмет дослідження; креслення: схеми розташування систем теплопостачання і сонячного колектора, вузлові креслення основного обладнання, аксонометричні схеми; календарні плани монтажу

комбінованої системи опалення і гарячого водопостачання із використанням альтернативних джерел енергії

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний огляд існуючих систем опалення і гарячого водопостачання, альтернативних джерел енергії	Коц І.В., професор каф.ІСБ	 16.04.24р.	 3.06.24р.
Теоретичне обґрунтування вибору комбінованої системи теплопостачання	Коц І.В., професор каф.ІСБ	 16.04.24р.	 3.06.24р.
Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень	Коц І.В., професор каф.ІСБ	 16.04.24р.	 3.06.24р.
Охорона праці	Кобилянська І.М., доцент		

7. Дата видачі завдання 16 квітня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів (роботи)	Примітка
1	Складання вступу до БДР		
2	Аналітичний огляд існуючих систем опалення і гарячого водопостачання	20.04.24р.	вик
3	Теоретичне обґрунтування вибору системи	28.04.24р.	вик
4	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень	10.05.24р.	вик
6	Охорона праці та техніка безпеки	20.05.24р.	вик
8	Матеріали презентації МКР, креслення, плакати	30.05.24р.	вик
9	Попередній захист	01.06.24р.	вик
10	Відгук рецензента	03.06.24р.	вик
11	Захист МКР	05.06.24р.	вик
		12.06.24р.	

Студент

Керівник роботи

Мудрицький І.В.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Коц І.В.

(підпис) (прізвище та ініціали)

ко
з
за
фо
ко
ко
тех
пр

та
ко
роз
мат

реал
монт

експ

водо
монт
графі

РЕФЕРАТ

У бакалаврській дипломній роботі розроблено проєктну пропозицію комбінованої енергоефективної системи теплопостачання житлового будинку з використанням сонячних колекторів. Робота включає пояснювальну записку обсягом 113 сторінок та графічну частину обсягом 8 аркушів формату А1.

У першому розділі проведено аналіз стану використання відомих конструктивних рішень систем теплопостачання з використанням сонячних колекторів, охарактеризовано об'єкт будівництва, наведено основні технологічні та будівельні рішення, що будуть використовуватися при проєктуванні системи теплопостачання.

У другому розділі проведено теплотехнічні розрахунки системи опалення та гарячого водопостачання, розраховано параметри системи сонячних колекторів. За складеними аксонометричними схемами виконано гідравлічні розрахунки, підібрано обладнання. Складено специфікацію обладнання і матеріалів.

У третьому розділі проведено організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень, підібрано машини та механізми для виконання монтажних робіт.

У четвертому розділі розглянуті питання охорони праці при монтажі та експлуатації дахової котельні та всієї системи опалення.

Графічна частина роботи містить схеми систем опалення та гарячого водопостачання на планах поверхів, аксонометричні схеми цих систем, монтажні креслення вузлів та елементів, календарний план монтажних робіт, графік руху робітників, графік руху машин та механізмів.

ABSTRACT

The bachelor's thesis presents a project proposal for a combined energy-efficient heating system for a residential building using solar collectors. The work includes an explanatory note of 113 pages and a graphical part of 8 sheets in A1 format. The first chapter analyzes the usage of known construction solutions for heating systems utilizing solar collectors, describes the construction object, and provides the main technological and construction decisions to be used in the design of the heating system.

In the second chapter, thermal calculations for the heating and hot water supply system are conducted, with parameters of the solar collector's system calculated. Hydraulic calculations are done based on isometric schemes, equipment is selected, and a specification of equipment and materials is compiled.

The third chapter focuses on the organizational and technological support for the implementation of project decisions, including the selection of machinery and mechanisms for installation works.

The fourth chapter addresses occupational safety issues during the installation and operation of the roof boiler room and the entire heating system.

The graphical part of the work includes diagrams of the heating and hot water supply systems on floor plans, isometric schemes of these systems, assembly drawings of units and elements, a schedule of installation works, the movement schedule of workers, and the movement schedule of machinery and mechanisms.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	9
1.1 Наукова та практична реалізація відомих систем теплопостачання	9
1.1.1 Питання енергоефективності за кордоном та в Україні.....	11
1.1.2 Особливості забезпечення мікроклімату житлових будинків	12
1.2 Акумулювання теплової енергії.....	15
1.3 Техніко-економічне обґрунтування.....	17
1.3.1 Характеристика об'єкту та економічна доцільність впровадження автономних систем теплозабезпечення	17
1.3.2 Основні технологічні та будівельні рішення.....	18
1.3.3 Визначення найбільш доцільного варіанту системи теплопостачання.....	20
Висновок до розділу 1	24
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ТА ПРОЄКТНЕ РІШЕННЯ ПРИЙНЯТОГО ВАРІАНТА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	25
2.1 Узагальнена модель тепломасообмінних процесів, прийняття припущень, розрахункова схема	25
2.2 Моделювання та проєктні розрахунки теплотехнічних параметрів комбінованої системи опалення.....	25
2.2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін.....	28
2.2.2 Теплотехнічний розрахунок вікон.....	29
2.2.3 Теплотехнічний розрахунок перекриття над неопалювальним підвалом	30
2.2.4 Теплотехнічний розрахунок горищного перекриття.....	32
2.2.5 Розрахунок теплових втрат приміщень	34
2.3 Моделювання гідравлічних режимів системи опалення та визначення їх основних параметрів і характеристик.....	36
2.3.1 Конструювання системи опалення.....	36

	5
2.3.2 Вибір опалювальних приладів	37
2.3.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів конвективного опалення....	37
2.4 Обґрунтування та вибір обладнання по забезпеченню нормативних характеристик системи опалення	38
2.5 Обґрунтування та вибір обладнання по забезпеченню нормативних характеристик системи гарячого водопостачання	41
2.5.1 Конструювання системи гарячого водопостачання	41
2.5.2 Визначення розрахункових витрат гарячої води та теплоти системи гарячого водопостачання.....	42
2.5.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи гарячого водопостачання.....	44
2.5.4 Розрахунок втрат теплоти трубопроводами системи гарячого водопостачання.....	47
2.6 Обґрунтування та вибір обладнання по забезпеченню нормативних характеристик системи гарячого водопостачання	50
2.7 Обґрунтування та вибір обладнання для системи сонячних колекторів ...	52
2.7.1 Розрахунок оптимального кута нахилу сонячного колектора.....	57
2.8 Моделювання та оцінка надійності комбінованої енергоефективної системи теплопостачання	.
2.8.1 Моделювання інтелектуальної підтримки оцінювання експлуатаційної надійності системи	.
Висновки до розділу 2.....	64
3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	66
3.1 Аналіз конструктивних особливостей системи прийнятої до монтажу.....	66
3.2 Розрахунок трудомісткості виконуваних робіт, підбір робітників, розроблення календарного плану та графіків виконуваних заготівельних і будівельно-монтажних робіт	68
3.3 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів пристосувань і конструкцій	75

	6
3.3.1 Монтаж опалювальних приладів.....	75
3.3.2 Монтаж магістральних трубопроводів	76
3.3.3 Монтаж стояків і розподільчих трубопроводів	76
3.3.4 Монтаж котла	77
3.3.5 Підбір машин, механізмів, пристосувань.....	78
3.5 Визначення складу бригад та монтажних інструментів.....	85
3.6 Розрахунок кількості витратних матеріалів та електроенергії на монтаж...	86
3.7 Монтажене регулювання та здача систем в експлуатацію	91
Висновок до розділу 3.....	95
4 Охорона праці.....	96
4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта.....	97
4.1.1 Електробезпека.....	97
4.1.2 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць	99
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	100
4.2.1 Мікроклімат	100
4.2.2 Склад повітря робочої зони	101
4.2.3 Освітлення робочої зони	102
4.2.4 Виробничий шум.....	105
4.2.5 Виробничі вібрації	105
Висновок до розділу 4.....	106
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	107
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	109
Додатки.....	136
Графічна частина.....	168

ВСТУП

В даній роботі розробляється проєктний варіант енергоефективної системи опалення житлового будинку із використанням альтернативних джерел енергії.

Актуальність теми. У сучасних умовах, що характеризуються зростаючим дефіцитом і цінами на паливно-енергетичні ресурси, а також посиленням екологічних норм і потреб людини в тепловій енергії для покращення побутових і соціальних умов життя, проблема енергозбереження в Україні є вкрай актуальною для житлово-комунального сектору та економіки в цілому.

Вирішення проблеми енергозбереження можливе шляхом зменшення теплових втрат, а також упровадження сучасних технологій вироблення, розподілу, регулювання та споживання теплової енергії.

Одним із ефективних видів нетрадиційної енергетики є сонячні колектори (СК), які використовують поновлюваний і невичерпний ресурс — сонячну енергію. Упровадження систем індивідуального теплозабезпечення з використанням СК у житлових будинках є доцільним для забезпечення комфортного проживання та зменшення енергоспоживання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема бакалаврської дипломної роботи відповідає науковому напрямку кафедри інженерних систем в будівництві Вінницького національного технічного університету — «Розробка енергоефективних систем теплогазопостачання, вентиляції і кондиціонування та іншого технологічного устаткування в галузі будівництва та цивільної інженерії» (державна реєстрація №01184000209).

Мета і задачі роботи.

Розробити та запровадити енергоефективну систему опалення житлового будинку, яка забезпечуватиме комфортні умови проживання, відповідатиме нормативним вимогам та мінімізуватиме споживання енергоресурсів за рахунок використання сонячної енергії.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

–провести аналіз існуючих технологій опалення та вибрати оптимальні для конкретного будинку, а також методів розрахунку систем теплопостачання із геліопанелями, обґрунтувати доцільність застосування геліопанелей як джерела теплової енергії;

– виконати проєктування енергоефективної системи опалення з урахуванням теплотехнічних характеристик будинку, кліматичних умов та доступних альтернативних джерел енергії;

– виконати розрахунки та підбір обладнання для системи опалення, включаючи сонячний колектор, котел, радіатори, труби та автоматику.

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

– оцінити економічну доцільність запропонованої системи опалення та розрахувати термін її окупності.

Об’єкт дослідження: комбінована система теплопостачання 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 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. «.....».

2. «.....».

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

1.1 Наукова та практична реалізація відомих систем теплопостачання

Аналізуючи негативні тенденції, що мали місце на початку 2000-х років у екології та енергетиці, які базувалися на традиційних джерелах енергії, можна зробити висновок, що перехід на використання відновлювальних та альтернативних джерел енергії на сьогоднішній день вже є єдиним можливим варіантом. Тому у багатьох країнах у всьому світі у державних програмах у сфері енергетики передбачені конкретні цілі у виробництві та споживанні енергії з використанням відновлюваних та альтернативних джерел, та їх розвиток активно підтримується. Протягом останніх років спостерігається значне зростання інвестицій у відновлювальну енергетику.

Експерти роблять оцінку, що економія енергії за рахунок використання сонячної енергії в центральній Європі може складати від 250 до 300 кВт·год за один квадратний метр площі сонячного колектора. Вартість сонячних колекторів з високою ефективністю, що відповідають світовому технічному рівню, становить від 200 до 400 доларів США за кожен квадратний метр поверхні і постійно знижується за рахунок зростання попиту та обсягів виробництва.

Нині 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 вищу. Тому обсяги впровадження подібних систем з використанням теплової енергії Сонця постійно зростають.

Загальна кількість встановлених колекторів у світі в 2018 році становила близько 60 мільйонів квадратних метрів, та щорічно ці показники зростають у середньому на 20%. На момент 2018 року найбільш поширеними сонячними системами теплопостачання були в США (18 мільйонів метрів квадратних), Японії (11 мільйонів метрів квадратних), Китаї (10 мільйонів метрів квадратних), Німеччині та Греції (по 2,5 мільйона метрів квадратних).

У багатьох національних енергетичних програмах країн, згаданих вище та інших, передбачено активне зростання використання теплової енергії з альтернативних джерел. Україна має значний досвід в цьому напрямку, здорово розвинену нормативну базу для проєктування та масового виробництва геліотехнічного обладнання. У країні розроблено та успішно функціонують десятки експериментальних та стандартних систем сонячного теплопостачання.

Досвід експлуатації таких систем свідчить наступне:

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

Незважаючи на це, загальна площа використання сонячних систем в Україні залишається значно меншою, ніж у країнах, що почали їх впроваджувати давніше. Наприкінці 2018 року загальна площа встановлення сонячних колекторів становила лише 15 тис. квадратних метрів. Однак згідно з новою Державною програмою енергозабезпечення України на період до 2030 року передбачається значне прискорене будівництво сонячних колекторів загальною площею до 10 млн. квадратних метрів, що призведе до економії 1,5 млн тонн умовного палива.

Система сонячного теплопостачання, зокрема опалення, ефективно діє у поєднанні з заходами покращення теплової ізоляції будівель, утилізацією теплових викидів та зниженням енерговитрат. Такі архітектурно-конструктивні рішення, як системи пасивного сонячного опалення (наприклад, орієнтація вікон на південь, селективне покриття вікон тепло-відбиваючим покриттям, внутрішнє оформлення будівель теплоакумуючими матеріалами та інші), дозволяють значно знизити витрати на опалення до 20%. Взагалі, "сонячна енергетика" є важливим елементом 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 кліматометереологічних 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. Теплоносій 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 України протягом довгого часу більша увага приділялася концепції "енергозбереження", в той час як європейські та інші розвинені країни використовують більш комплексне поняття "енергоефективність", яке розглядається у єдиній системі координат з екологічністю та конкурентоспроможністю.

Європейський Союз визначив конкретні цілі у галузі енергетики, такі як зниження споживання енергії на 13% до 2020 року, підвищення частки використання відновлювальних джерел енергії до 20% та зменшення викидів вуглецю на 20%. Ще у січні 2007 року було ухвалено інтегрований пакет заходів, спрямованих на реформування енергетичного сектору та формування єдиної енергетичної політики.

На сучасний момент проблема підвищення ефективності функціонування енергетичної структури України вимагає комплексної модернізації всіх її компонентів. Підвищення енергоефективності енергетичної інфраструктури може здійснюватися шляхом окремих технологічних змін, модернізації окремих об'єктів

або системної перебудови в цілому. Пошук оптимальних можливостей в рамках існуючих економічних, екологічних та соціальних обмежень у сфері енергетичної політики становить складну проблему і виклик для сучасної цивілізації [3].

1.1.2 Особливості забезпечення мікроклімату житлових будинків

Вибір типу системи опалення, вентиляції та кондиціонування для житлових будівель в першу чергу залежить від конкретного призначення об'єкта. Приміщення громадського призначення, вбудовані в житлові будинки, повинні бути обладнані відповідно до норм проєктування.

Для житлових будинків важливо підключати їх до систем централізованого теплопостачання через індивідуальний тепловий пункт, обладнаний приладами обліку теплоспоживання та автоматизованими вузлами для опалення та гарячого водопостачання. Нежитлові приміщення вбудованих у житлові будинки також повинні мати окремі системи або відгалуження від систем з власними приладами обліку теплоспоживання.

Якщо неможливо приєднати будинок до централізованого теплопостачання, рекомендується встановлення місцевої котельні. При проєктуванні житла можна використовувати системи опалення, які перетворюють електричну енергію в тепло, а також використовувати поновлювані джерела енергії [4].

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 проєктування 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 загальнобудинкових систем теплоспоживання [4].

При проєктуванні житла допускається згідно із завданням на проєктування 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].

У системах централізованого теплопостачання та віддачі тепла від котельних установок на дахах або вбудованих у будівлю, рекомендується установлювати квартирну систему опалення з обліком теплоспоживання. Прилад обліку розташовується на вводі в квартиру, в зручному місці поза приміщенням. Крім того, кожна квартира повинна мати вузол обліку з механізмами, які дозволяють знімати витратомірну ділянку без випорожнення системи.

Підводки до опалювальних приладів у одно- та двотрубних системах опалення мають бути оснащені автоматичними регуляторами температури повітря в приміщенні. Проте автоматичні терморегулятори не повинні встановлюватися у приміщеннях, де є можливість замерзання теплоносія, або в приміщеннях з кондиціонуванням повітря, де температура контролюється іншими пристроями. Також їх не потрібно встановлювати у тих приміщеннях, де встановлено три або більше опалювальних приладів на окремому відгалуженні системи опалення з груповим регулятором.

Для однотрубних систем опалення всі вузли приєднання опалювальних приладів повинні мати замикаючі або обхідні ділянки та автоматичні терморегулятори. Магістральні трубопроводи та вимикальні пристрої систем опалення і кондиціонування повинні прокладатися поза квартирою у доступних для обслуговуючого персоналу приміщеннях.

Теплопроводи за межами квартири та внутрішні, які прокладаються приховано, мають бути ізольовані тепловою ізоляцією. Трубопроводи опалення у приміщеннях мають бути прокладені відкрито або за декоративним кожухом. В окремих випадках дозволяється приховане прокладання труб без можливості з'єднань з трубами, які мають велику тривалість служби.

Підводки до опалювальних приладів у одно- та двотрубних системах опалення повинні бути обладнані автоматичними регуляторами температури повітря в приміщенні. Автоматичні терморегулятори не повинні встановлюватися в наступних випадках:

а) у допоміжних приміщеннях та приміщеннях, де можлива небезпека замерзання теплоносія, таких як сходові клітки та вестибюлі;

б) у приміщеннях із кондиціонуванням повітря, де автоматичне підтримання температури здійснюється регуляторами кондиціонерів або електричними доводчиками;

в) в приміщеннях, де встановлено три і більше опалювальних прилади, підключені до окремого відгалуження системи опалення, обладнаного груповим регулятором з виносним датчиком температури з метою забезпечення рівномірності нагрівання повітря у приміщенні. У таких випадках у двотрубних системах замість автоматичних регуляторів повинен бути встановлений ручний клапан з можливістю гідравлічного налаштування, а в однокотлових системах - повнопрохідний кульовий кран. Не слід встановлювати арматуру перед радіатором у приміщеннях, де є небезпека замерзання теплоносія.

У однокотлових системах опалення вузли приєднання всіх опалювальних приладів (за винятком тих, які встановлюються на сходовій клітці) повинні мати замикаючі або обхідні ділянки і обладнуватися автоматичними терморегуляторами з високою пропускною спроможністю.

Магістральні трубопроводи та вимикаючі пристрої систем опалення, тепло- та холодопостачання калориферів та кондиціонерів повинні прокладатися за межами квартир у приміщеннях, до яких має доступ персонал експлуатаційних служб.

Теплопроводи, що прокладаються за межами квартир чи приховано, мають бути проєктовані з тепловою ізоляцією. Покривний шар теплоізоляційної конструкції трубопроводів холодопостачання повинен бути паронепроникним.

Трубопроводи систем опалення в межах опалюваних приміщень повинні прокладатися відкрито (за винятком трубопроводів із полімерних матеріалів) або за декоративним кожухом. Приховане прокладання трубопроводів у будівельних конструкціях (без розбірних з'єднань) можливе відповідно до завдання на проєктування, при умові використання труб з розрахунковим строком служби 40 і більше років

1.2 Акумуляування теплової енергії

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

Вибір робочого середовища для системи акумуляування залежить від характеру процесу. При нагріві води звертають увагу на акумуляування енергії, пов'язане з теплоємністю води, що акумуляується. Якщо в колекторах відбувається нагрів повітря, то акумуляування доцільно здійснювати шляхом локального накопичення тепла в окремих акумуляуючих одиницях, подібно до гравійних теплообмінників.

Основні характеристики системи теплового акумуляування енергії включають:

- 1) ємність на одиницю об'єму чи маси;
- 2) робочий інтервал температур;
- 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 із системою;
- 7) способи регулювання теплових втрат акумулятора;
- 8) вартість.

Водяний бак-акумулятор

Водяний бак-акумулятор є ефективним вибором для системи акумулювання тепла. Вода є дешевою, легкодоступною та зручною для акумулювання тепла. Енергія вводиться та виводиться шляхом переносу акумулюючого середовища, що дозволяє уникнути перепадів температур між рідиною та акумулюючим середовищем.

При використанні буферної ємності в комбінованій системі тепlopостачання, вона забезпечить накопичення та акумуляцію теплової енергії для опалення приміщень, врегулювання температурних коливань, гідравлічне розподілення тепла, а також приготування гарячої води для побутових потреб.

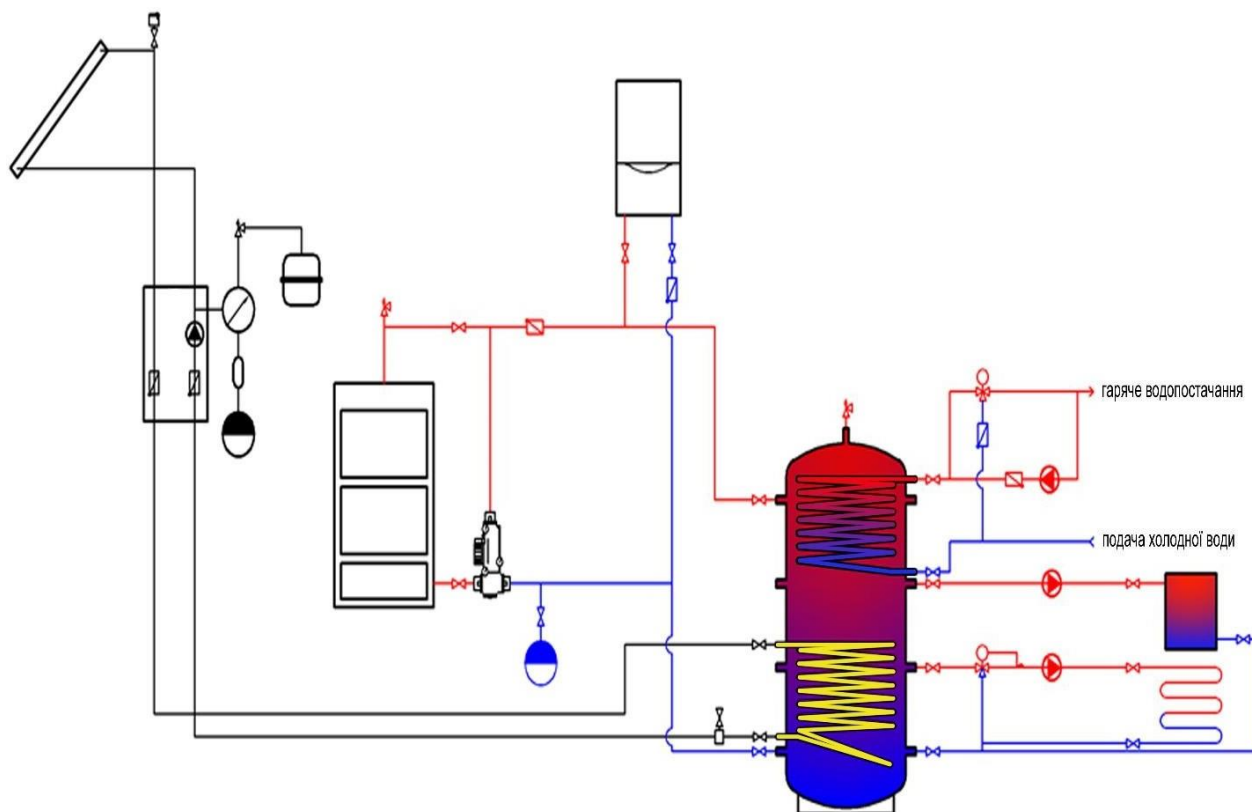


Рис. 1.1 – Принципова схема комбінованої системи тепlopостачання із буферною ємністю

1.3 Техніко-економічне обґрунтування

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

В роботі розробляється проектна пропозиція комбінованої системи забезпечення тепловою енергією житлового будинку в м. Кам'янець-Подільський.

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 м² (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 теплопостачання:

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

Для теплопостачання кожної із секцій будинку обираємо два джерела енергії: дахова котельня та сонячні колектори встановлені на даху будинку. Як джерело 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°C), доцільним та

енергоєфективним буде встановлення низькотемпературної системи опалення із температурою теплоносія 65/55°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 теплопостачання житлового будинку проєктуються згідно державних стандартів [11].

Передбачається влаштування автономної системи опалення з використанням низькотемпературних конденсаційних котлів BAXI Power HT 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 проєктній пропозиції облік теплової енергії виконується окремо для кожної квартири, що є більш доцільно з точки зору енергоєфективності, 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 тепlopостачання наведена на рисунку (аркуш 5, тепломеханічна схема дахової котельні). Система опалення представлена у вигляді замкненого двотрубного контура, по якому рухається теплоносії (вода з параметрами 55 – 65 °C). Перед потраплянням в опалювальний прилад (радіатор) теплоносії 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 тепlopостачання. 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 Maxi-Flo, 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 проєктних 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 BAXI Power NT 1.280 становить 925400 грн[13].

2. Вартість проєктних 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 “Вінницьяміськтеплоенерго”[18].

Загальна площа, що опалюється водяною системою опалення складає 8213м². Опалювальний період складає 182 доби (6 місяців)[8].

За 1 м² 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(C₂)

1. Витрати при опаленні даховою котельнею розраховуються за витратою газу протягом опалювального періоду. Вартість газу становить 7,03 грн/м³[18].

Максимальна витрата газу за опалювальний період - 76052 м³.

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 проєкту

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:

$$\Pi = K + C \cdot E_H. \quad (1.2)$$

$$\Pi_1 = 1609280 + 1846587 \cdot 0,17 = 1923199 \text{ (грн);}$$

$$\Pi_2 = 1584284 + 643426 \cdot 0,17 = 1693635 \text{ (грн),}$$

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 отримаємо в результаті використання другого варіанту, розраховуємо за формулою

$$E = \Pi_I - \Pi_{II}. \quad (1.3)$$

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

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 ПРОЄКТНЕ РІШЕННЯ ПРИЙНЯТОГО ВАРІАНТА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Моделювання тепломасообмінних процесів, прийняття припущень, розрахункова схема

Основними джерелами тепловтрат у приміщенні в холодний період року є наступні: втрати тепла через зовнішні стіни та вікна, витрати на опалення холодного повітря, яке проникає через щілини в конструкціях, двері та будівельні матеріали, а також тепловтрати від холодних предметів, які потрапляють у приміщення. Проте також існує теплонадходження від сонячної радіації, людей, джерел штучного освітлення та інших побутових приладів.

Втрати тепла розраховуються для кожного опалювального приміщення окремо згідно зі складом основних та додаткових джерел тепловтрат [7].

На схемі (див. рис. 2.1) зображено схему теплових втрат через зовнішні конструкції та вікна і теплонадходження від систем опалення.

Для забезпечення комфортних умов мікроклімату в приміщенні необхідно дотримуватися рівноваги між поточними тепловтратами та теплонадходженнями:

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

2.2 Моделювання та проєктні розрахунки теплотехнічних параметрів комбінованої системи опалення

Місто Кам'янець-Подільський 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].

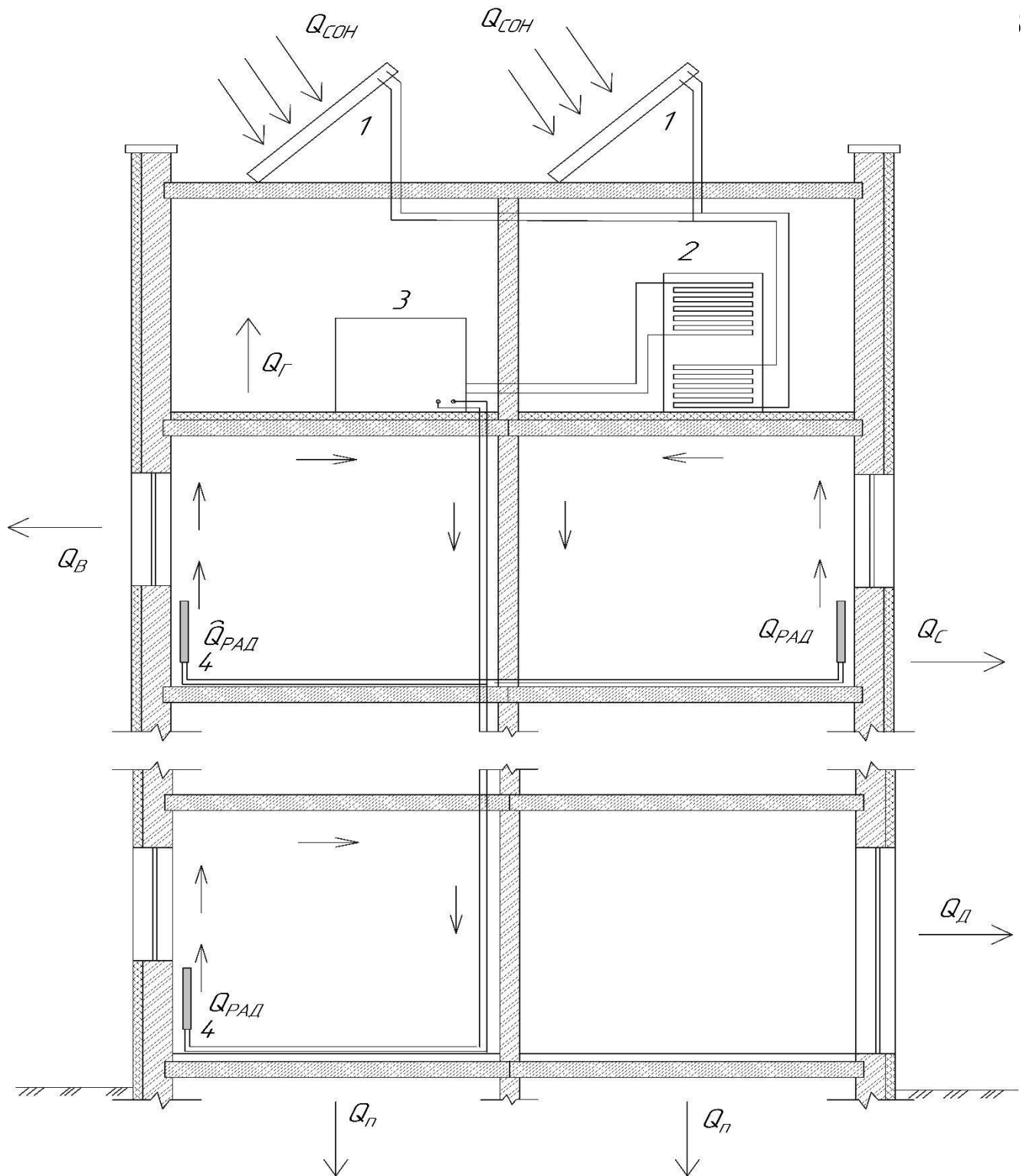


Рис. 2.1 - Розрахункова схема до моделювання теплового розрахунку будівлі (1 – сонячні колектори; 2 – теплообмінник (бак-акумулятор); 3 – газовий котел; 4 – радіатор опалення; $Q_{РАД}$ – конвективний потік радіатора; Q_B , Q_C , Q_n , Q_F , Q_D – тепловтрати через вікна, стіни, підлогу, горищне перекриття,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

Таблиця 2.1 – Опори теплопередач захисних конструкцій будинку

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

Виходячи з опору теплопередач, підбираємо товщину зовнішніх стін, шар утеплювача перекриття над неопалювальним підвалом, горищного перекриття, 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 перекриття – 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, м^2 ;

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

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

$t_{\text{з}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря[8], $^\circ\text{C}$ (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.

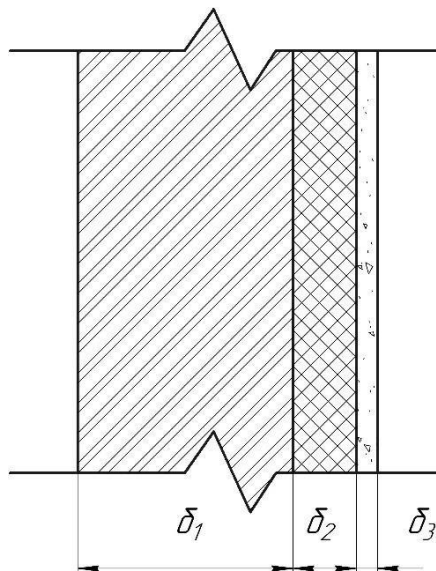


Рис. 2.2- Схема конструкції зовнішньої стіни до теплотехнічного розрахунку (1 – силікатна цегла на цементно-піщаному розчині; 2 – плити з мінеральної вати; 3 – декоративна штукатурка)

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:

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

2-й шар – плити з мінеральної вати:

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

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

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

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

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

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

R_6 – опір тепловому сприйняттю внутрішньої поверхні огороження, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$);

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

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

Тобто:

$$R_0 = R_{\text{в}} + R_{\text{ц}} + R_{\text{ут}} + R_{\text{шт}} + R_3, \quad (2.4)$$

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

$$R_{\text{ут}} = R_0 - (R_{\text{в}} + R_{\text{ц}} + R_{\text{шт}} + R_3), \quad (2.5)$$

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

Необхідний термічний опір шару утеплювача:

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

Необхідна товщина шару утеплювача:

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

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

Виконаємо перевірку:

$R_{\text{ф}} = R_{\text{в}} + R_{\text{ц}} + R_{\text{ут}} + R_{\text{шт}} + R_3 = 3,77 > 3,3$, отже розрахунок і підбір утеплювача виконані вірно.

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

2.2.2 Теплотехнічний розрахунок вікон

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

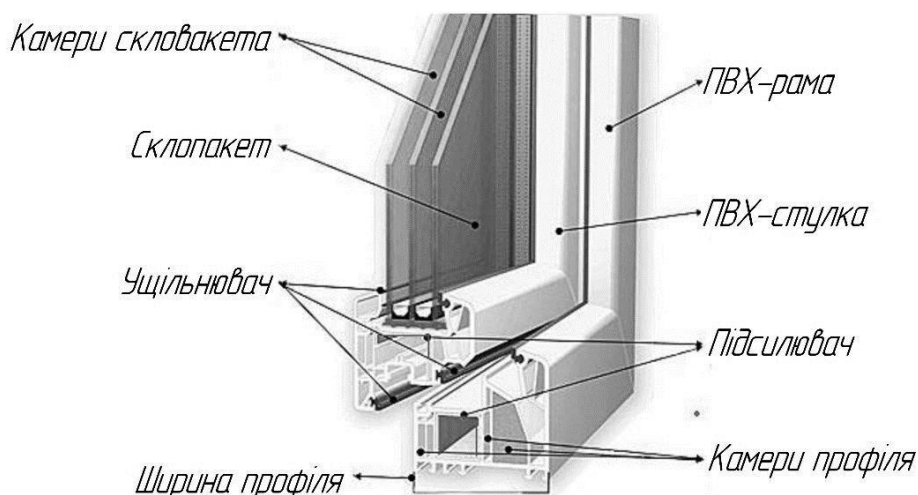


Рис. 2.3 – Вікно з потрійним остікленням REHAU GENEО

Загальний термічний опір вікна складає:

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

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

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:

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

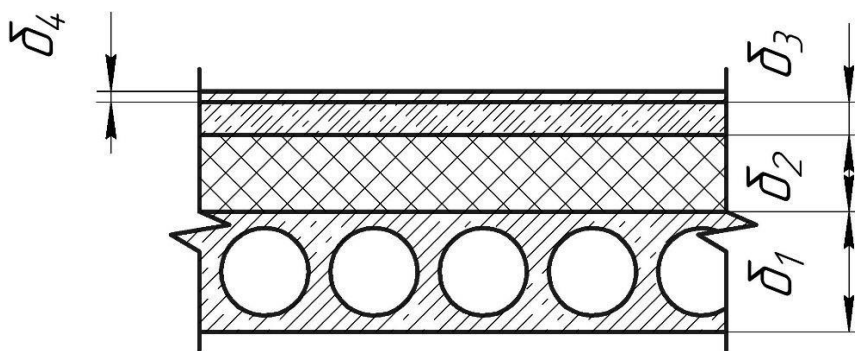


Рис. 2.4 – Схема конструкції перекриття над підвалом до теплотехнічного розрахунку

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

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

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

R_0 – опір тепловому сприйняттю внутрішньої поверхні огороження, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$);

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

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

Тобто:

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

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

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

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

Необхідний термічний опір шару утеплювача:

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

Необхідна товщина шару утеплювача:

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

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

Виконаємо перевірку:

$R_{\phi} = R_{\text{в}} + R_{\text{пп}} + R_{\text{ут}} + R_{\text{ст}} + R_{\text{пл}} + R_{\text{з}} = 4,44 > 3,75$, 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.

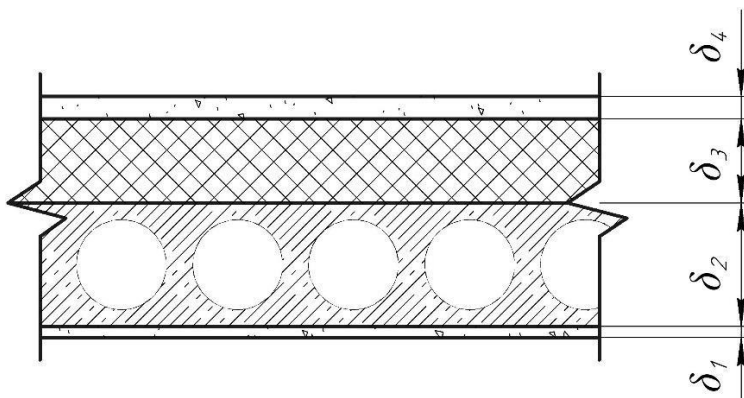


Рис. 2.5. — Схема конструкції горищного перекриття до теплотехнічного розрахунку

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 — пустотіла 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 ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$):

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

де $R_з$ – 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:

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

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

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

$$\text{тоді} \quad \delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут}. \quad (2.14)$$

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 $\delta_{ут} = 0,20 \text{ м}$.

Виконаємо перевірку:

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

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

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_e і додаткових втрат тепла[7]:

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

Втрати тепла через огорожувальну конструкцію визначають тільки при різниці температур по різні сторони конструкції більше 5°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, м^2 ; графа 8 – коефіцієнт теплопередачі огорожень, $\text{Вт}/\text{м}^2\text{C}$; 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_{Γ} , Вт, визначають за формулою [7]:

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

де F – теплопередавальна поверхня захисної конструкції, м²;

R^{ϕ}_o – повний фактичний термічний опір захисної конструкції, м² · °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 м², зовнішньої стіни – 12,29 м² на Північ та 4,05 м² 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:

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

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:

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

Загальні тепловтрати вікна, дверей і підлоги визначаємо аналогічно.

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

$$Q_{\text{в}} = 0,337 \cdot A_n \cdot h \cdot (t_{\text{в}} - t_n), \quad (2.19)$$

де A_n – площа підлоги приміщення, м^2 ;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, м.

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

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 повітроспускниками (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 невіддаленого 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: Σl - 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: ξ – 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 м³/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 HT 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 патрубок[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 розведенням (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 розведення 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 $q^h = 10$ л / год [28, дод. 3] і норми витрати гарячої води для ванни $q^h = 0,2$ л / с [28, дод. 3], як для водорозбірного приладу з найбільшим витратою води:

$$P = \frac{q_r \cdot U}{3600 \cdot q_0^h \cdot N}, \quad (2.23)$$

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 м²);

A_n – нормована житлова площа на 1 людину (13,65 м²/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:

$$G_{\mathrm{r}} = 18 \cdot q_0^h \cdot K_i \cdot \alpha_{\mathrm{r}} , \quad (2.26)$$

де α_2 – безрозмірний коефіцієнт, що визначається залежно від значення P_2 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 (м³/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, (м³/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 α – 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]:

$$Q_{Г.В.}^{max} = G \cdot \rho \cdot c \cdot (t_x - t_2) \cdot (1 + \beta), \quad (2.30)$$

де ρ – щільність води, (1000 кг / м³);

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

t_2 – середня температура води у водорозбірних стояках, (55 °С);

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

β_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]:

$$Q_{\text{г.в.}}^{\text{ср}} = G_i \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{х}}) \cdot (1 + \beta_{\text{г}}). \quad (2.31)$$

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

Середньогодинна витрата води за опалювальний період[28]:

$$Q_{\text{г.в.}}^{\text{ср.о.}} = G_{\text{i.с.}} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{х}}) \cdot (1 + \beta_{\text{г}}). \quad (2.32)$$

$$Q_{\text{г.в.}}^{\text{ср.о.}} = 33,28 \cdot 1000 \cdot 4,187 \cdot (55 - 5) \cdot (1 + 0,2) \cdot \frac{1}{24} = 348358 \text{ (кДж/год)}.$$

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 α 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	К-ть водорозбірних	N.P	Коефіцієнт α	Максимальна витрата води q^h ,	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

Продовження таблиці 2.2

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
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 ΔQ , (Вт), на розрахунковій ділянці трубопроводу, визначаються за нормативними питомими втратами тепла або розрахунком за формулою[28]:

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

де K – коефіцієнт теплопередачі ізолюваного трубопроводу,

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

t_{Γ}^{cp} – середня температура води в системі, $t_{\Gamma}^{\text{cp}} = (t_{\text{н}} + t_{\text{к}}) / 2$, °С ;

$t_{\text{н}}$ – температура на виході з котла, °С;

$t_{\text{к}}$ – температура на найбільш віддаленому водорозбірному приладі, °С;

η – ККД теплової ізоляції (0,6);

l – довжина ділянки трубопроводу, м;

d_3 – зовнішній діаметр трубопроводу, м;

t_0 – температура навколишнього середовища, °С.

Температуру води у найбільш віддаленого водорозбірного приладу $t_{\text{к}}$ слід приймати на 5 °С нижче температури води на виході з підігрівача. Температуру навколишнього середовища t_0 під час прокладання трубопроводів в нішах санвузлів слід приймати рівною 25 °С [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 стояк №3 – як і стояки № 7, 9, 11. Тому для них приймаємо такі ж тепловтрати 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	$(t_{\Gamma}^{\text{cp}} - t_0)$	$(1-\eta)$	Втрати теплоти, Вт	
						По довжині, Вт/м	На ділянці, ΔQ
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

Продовження таблиці 2.3

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

Продовження таблиці 2.3

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 $\Delta Q_{45-57} = 971,89$							

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_{Γ}^h та діаметру умовного проходу D_y , який в нашому випадку дорівнює 25 мм.

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

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

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]:

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

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

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

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 ($Q_{\text{г.в.}}^{\text{max}} = 398183 \text{ кДж/год} = 110,6 \text{ кВт/год}$), втрат теплоти на головній магістралі та втрат теплоти по стояках системи[28]:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{г.в.}}^{\text{max}} + Q_{1-21} + Q_{45-57} + 6 \cdot Q_{\text{ст2}} + 3 \cdot Q_{\text{ст3}}. \quad (2.37)$$

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

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 $7,44 \text{ м}^3/\text{год}$.

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

- витрата – $12 \text{ м}^3/\text{год}$;
- напір – 29 м.

2.7 Обґрунтування та вибір обладнання для системи сонячних колекторів

Для комбінованої системи теплопостачання 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;
- маса (кг): 47;
- максимальний тиск(кПа): 1000;
- об'єм (л): 2,3;
- загальна площа поверхні (м²): 2,51;
- площа поглинаючої поверхні (м²): 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 α_n (кут між напрямком нормалі площини колектора по сторонах світу і напрямком на південь) і кут нахилу площини сонячного колектора до горизонту β .

Кут падіння сонячних променів i на довільно орієнтовану поверхню при кутах α_n і β , заданих проєктом, визначається за формулою [36]:

$$\cos i = \sin \beta \cdot [\cos \delta \cdot (\sin \varphi \cdot \cos \alpha_n \cdot \cos \omega + \sin \alpha_n \cdot \sin \omega) - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha_n] + \cos \beta \cdot (\cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi), \quad (2.38)$$

де φ – широта місцевості;

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

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

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin((284 + n)/365), \quad (2.39)$$

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

$$\omega = 180^\circ - 15^\circ \cdot r, \quad (2.40)$$

де τ – час доби в годинах.

При проведенні теплових розрахунків сонячних колекторів необхідно враховувати, що при куті падіння прямого сонячного випромінювання на прозоре покриття сонячного колектора під кутом понад 60° 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 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 / м^2 , прямого і розсіяного сонячного випромінювання, що падає на горизонтальну поверхню на широті ϕ 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 α – 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 τ і коефіцієнта поглинання абсорбера α прийнято називати оптичним ККД або наведеною поглинальною здатністю, та розраховується за формулою[36]:

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

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

τ – пропускна здатність прозорого покриття;

ρ_d – дифузна відбивна здатність.

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

Залежність пропускної здатності прозорого покриття сонячного колектора τ від кута i зручно представити за допомогою формули[36]:

$$r = r_0 \cdot k, \quad (2.46)$$

де: τ_0 - пропускна здатність ПП при $i = 0^\circ$ (наводиться виробником в технічних даних сонячного колектора);

k - коефіцієнт, який визначається співвідношеннями[36]:

$k = 1$, якщо $i < 40^\circ$,

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

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

Таким чином, інтенсивність теплового потоку являє собою функцію часу року n , часу доби τ , кута нахилу β і азимута сонячного колектора α_n . Залежить від питомої

теплогового потоку, який несе з собою пряме H_B та розсіяне H_D сонячне випромінювання, що падає на широті φ даної місцевості на горизонтальну площину.

Ефективний коефіцієнт тепловтрат

Важливою характеристикою сонячного колектора є його ефективний коефіцієнт тепловтрат η , 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]:

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

де η_0 – коефіцієнт ефективності або внутрішньої конверсії колектора, що характеризує ефективність переносу поглиненого абсорбером сонячного випромінювання до потоку теплоносія в трубах, залежить головним чином від конструкції колектора;

k_1 – лінійний коефіцієнт теплопередачі;

k_2 – квадратичний коефіцієнт теплопередачі (η_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]:

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

η_1 – коефіцієнт, що враховує ступінь прозорості атмосфери, його величина коливається від 0,8 у промислових районах до 1 в курортній зоні, для гірських курортів $\eta_1 = 1,1$;

η_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/м², розрахованих за формулою (2.51) для кожної години[36]:

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

Кількість теплової енергії W_M , кВт · год/м², вироблена з квадратного метра сонячного колектора при реальних умовах хмарності, обчислюється окремо для кожного місяця роботи за формулою[36]:

$$W_M = z \cdot W_C \cdot \eta_0 \cdot \eta_3 \cdot 10^{-3}, \quad (2.53)$$

де η_3 – коефіцієнт, що враховує втрати, зумовлені нестационарним теплообміном при мінливій хмарності рекомендується приймати = 0,9;

z – кількість днів у місяці;

η_0 – коефіцієнт, що враховує реальні умови хмарності, обчислюється за формулою[36]:

$$\eta_0 = \frac{\sum H_p}{\sum (H_B + H_D)}, \quad (2.54)$$

де $\sum H_p$ – 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);

$\sum (H_B + H_D)$ – 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 / м², визначається як сумарна кількість теплової енергії, виробленої в кожному місяці[36]:

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

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 $i = 0^\circ$.

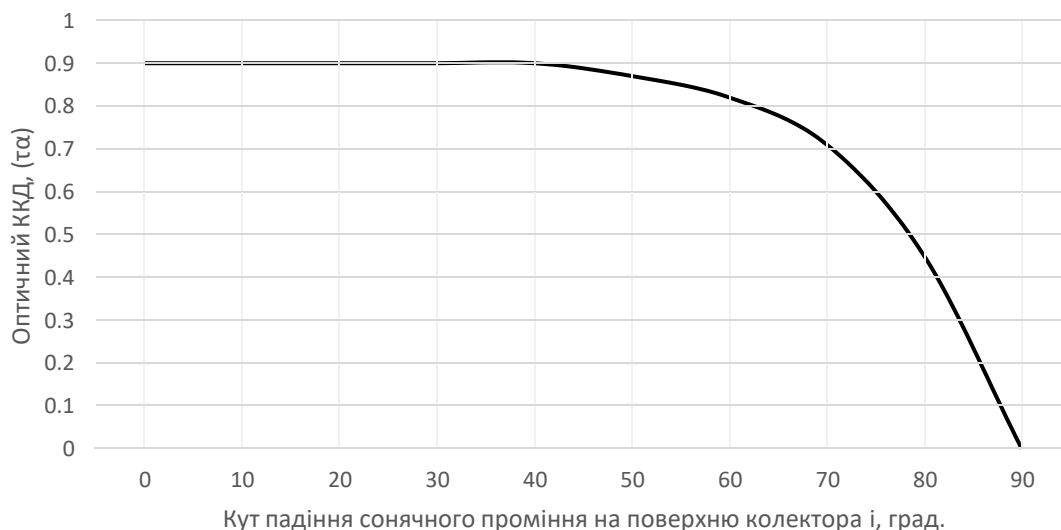


Рис.2.5 – Залежність поглинальної здатності абсорбера колектора Вахі SB25+V від кута падіння сонячного проміння

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 β , 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 Вінниці середньодобова кількість теплової енергії W_m , кВт·год/м², 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 / м²

	Кут нахилу поверхні сонячного колектора β , град
--	--

Період роботи	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

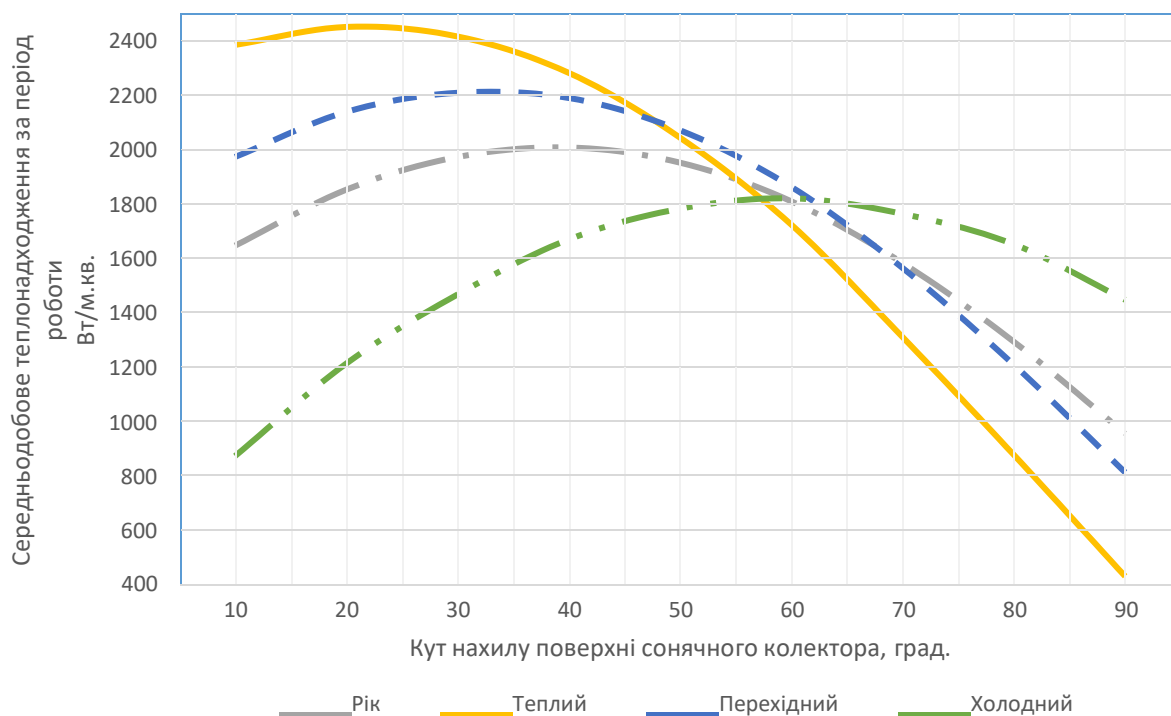


Рис. 2.6 – Залежність усереднених значень питомої добової теплопродуктивності плоского СК від кута нахилу колектора

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 β дорівнює широті місцевості φ , 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 β сонячного колектора представлені в табл. 2.5.

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

Спосіб розрахунку	Кути нахилу (β) 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 м² сонячного колектора Вахі SB25+V, W_T , при розрахункових параметрах Вінниці, з оптимальними кутами нахилу, β , 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 β сонячного колектора Вахі SB20+ в умовах Вінниці складають:

для теплого періоду року - 26°;

для перехідного періоду - 38°;

для холодного періоду - 66°.

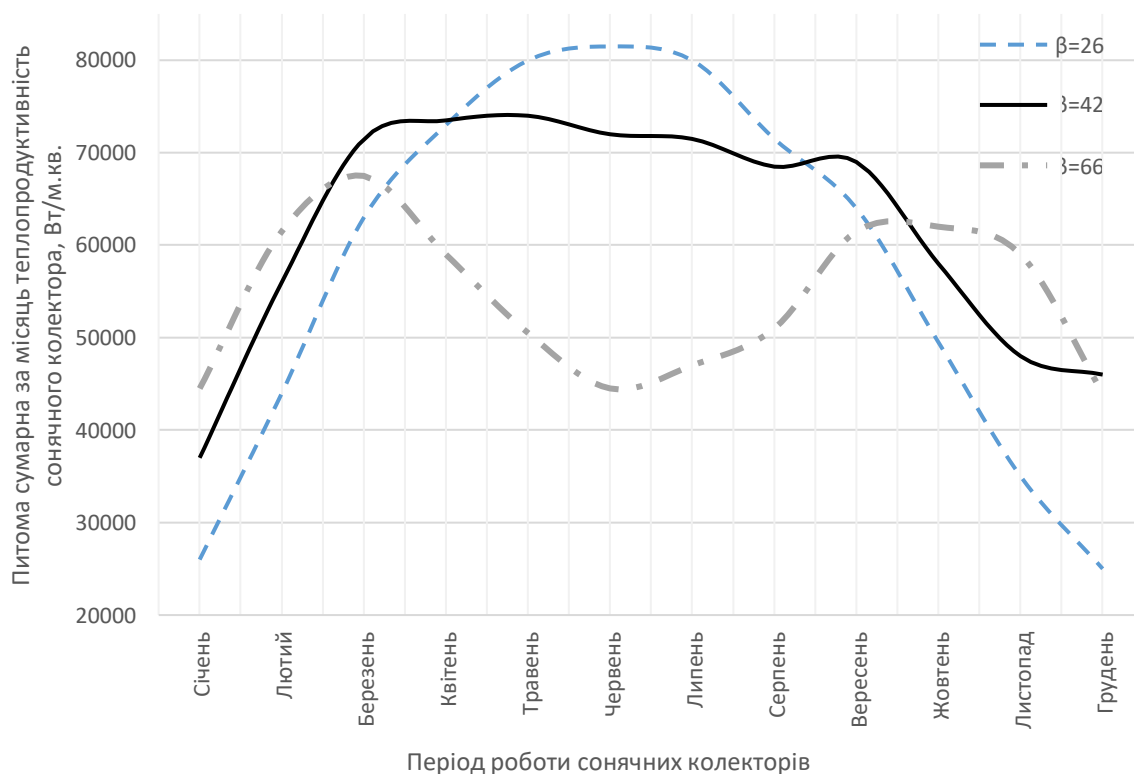


Рис. 2.7 – Теплопродуктивність сонячного колектора при оптимальних кутах нахилу

Отже, відповідно до розрахунків наведених вище обираємо до встановлення постійну величину кута нахилу сонячних колекторів в 42° , 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;

α – кут висоти сонцестояння;

β – кут нахилу колектора.

Місто Вінниця знаходиться приблизно під 49° 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 $z = 6,3 \text{ м}$.

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 теплопостачання будинку та енергії, що надходить від геліоустановки

Місяць року	Теплопродуктивність геліоустановки W_M , кВт·год	Тепловтрати будинку Q_Z , кВт·год	Теплове навантаження ГВП $Q_{Г.В.}$, кВт·год	$W_M - (Q_Z + Q_{Г.В.})$, 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

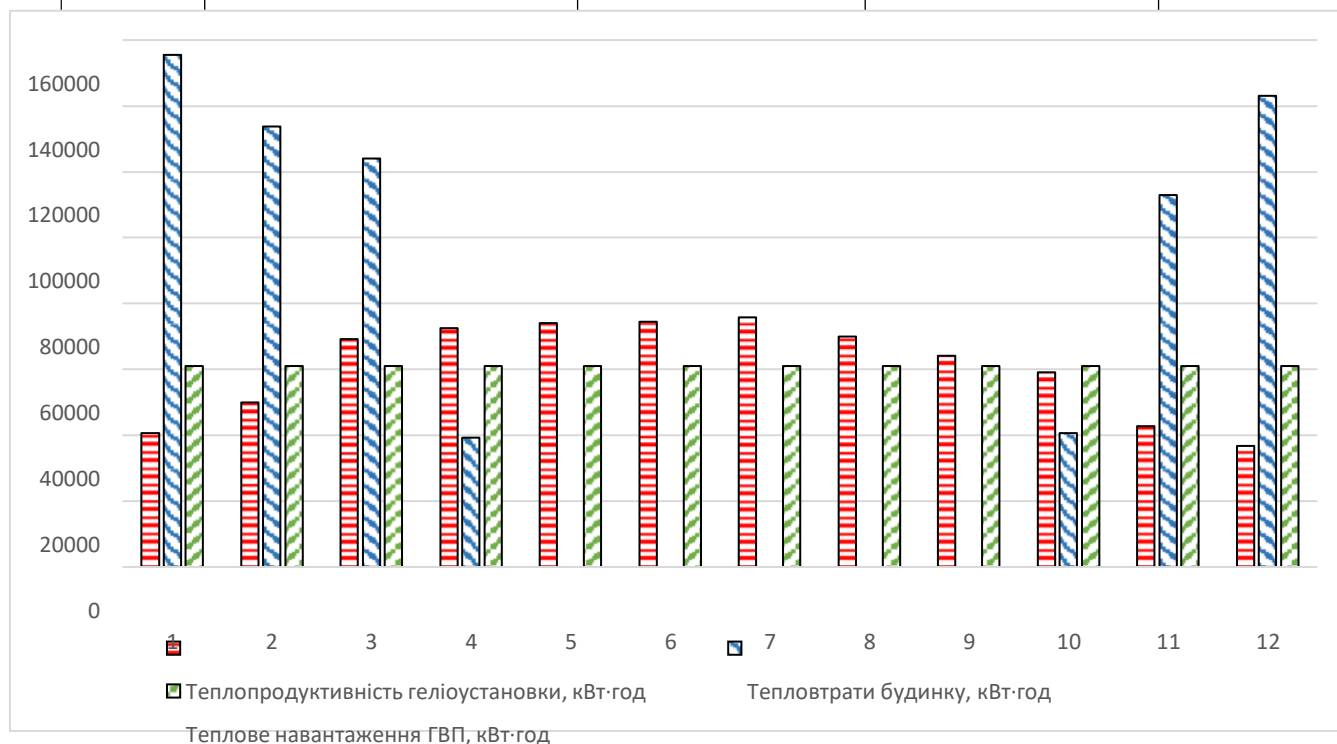


Рис. 2.8 – Графік теплонадходжень та тепловитрат будинку в залежності від місяця року

В таблиці 2.6 знак «+» означає, що за даний період геліосистемою виробляється надлишок теплової енергії для системи теплопостачання, знак «-» - нестача 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).

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було проведено теоретичне та практичне обґрунтування основних параметрів і характеристик комбінованої енергоефективної системи тепlopостачання будинку.

Конкретно:

1. Було складено розрахункову схему для моделювання теплового розрахунку будівлі.
2. Здійснено моделювання та проєктні розрахунки теплотехнічних параметрів системи, включаючи підбір інсулюючих матеріалів для стін, підлоги та горищного перекриття, а також розрахунок тепловтрат. Виконані проєктні розрахунки теплотехнічних параметрів системи, які включають: теплотехнічний розрахунок, за результатом якого підібрано мінеральну вату товщиною $\delta_{\text{ут}} = 0,12$ м для стіни, пінополістирольні екструзійні плити для підлоги та горищного перекриття $\delta_{\text{ут}} = 0,15$ м та $\delta_{\text{ут}} = 0,2$ м, відповідно; розраховано тепловтрати які становлять $Q_{\text{втр.}}=331$ кВт.
3. Проведено теплотехнічний та гідравлічний розрахунки системи опалення, обрано відповідне обладнання, а саме біметалеві радіатори Термія з мідно-алюмінієвим теплообмінником для опалення приміщень та трубопроводи.
4. Підібрано два котли BAXI Power HT 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 та інше обладнання для котельні.
5. Проведено гідравлічні та теплові розрахунки системи гарячого водопостачання, включаючи розрахунок максимальної годинної витрати

теплоти на гарячу воду. Визначено максимальну годинну витрату теплоти на підготовку гарячої води, яка становить $Q_{(г.в.)_{\max}} = 110,6$ кВт.

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

7. Обґрунтовано вибір оптимального кута встановлення сонячних колекторів – 42° ; розраховано відстань між сонячними колекторами – 6,3м; розраховано кількість теплової енергії, яка буде вироблятись геліоустановкою за рік – 729319 кВт·год.

Загальний висновок полягає в тому, що розроблена комбінована енергоефективна система тепlopостачання для будинку має оптимальні параметри та може забезпечити ефективне використання теплової енергії в приміщенні.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТНИХ 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 запірного 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 проєкту 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 проєктного 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) Грунтування 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 100м^2 ., тоді $V=0,92$.

23) Пофарбування трубопроводів [33]:

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

Вимірник 100м^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. Змонтувати 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 HT 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 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 проєктної відмітки ближче до місця встановлення і переміщувати його горизонтально до проєктного 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 Ecoplastic 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 ³ /год	30
- робочий тиск, кгс/см ² (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]:

$$Q = V \times H_q / 8, \quad (3.2)$$

де V – об'єми робіт;

H_q – норма часу на одиницю виміру, люд-год;

8 – тривалість робочої зміни, год.

Тривалість виконання кожної окремої роботи розраховується[33]:

$$T = V \times H_q / 8 \cdot n \cdot k, \quad (3.3)$$

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 до місця монтажу	т	14,83	4,1	3,89	3	шофер-1; вантажн.-2	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 Dз до 16 мм.	100м.	16,12	81,2	163,62	12	монтажн. 4 р.-4 3р.-2	13,5
11	Прокладання поліпропіленових трубопроводів Dз до 20 мм.	100м.	2,8	89,9	31,46	4	монтажн. 4 р.-3 3р.-1	7,5
12	Прокладання поліпропіленових трубопроводів Dз до 25 мм.	100м.	4,24	92,4	48,97	8	монтажн. 4 р.-3 3р.-1	6
13	Прокладання поліпропіленових трубопроводів Dз до 32 мм.	100м.	1,38	106,1	18,3	4	монтажн. 4 р.-3 3р.-1	4,5
14	Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 25 мм.	100м.	2,12	48,71	12,9	3	монтажн. 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	монтажн. 4 р.-1, 3р.-2	4
16	Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 40 мм.	100м.	0,42	48,71	2,56	3	монтажн. 4 р.-1, 3р.-2	1
17	Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 50 мм.	100м.	1,95	48,71	11,87	6	монтажн. 4 р.-1, 3р.-2	2,5
18	Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 63 мм.	100м.	0,72	61,01	5,49	3	монтажн. 4 р.-1, 3р.-2	2
19	Прокладання сталевих трубопроводів Ду до 75 мм.	100м.	0,6	61,01	4,57	3	монтажн. 4 р.-1, 3р.-2	2
20	Встановлення розподільчих гребінок	1 шт	27	11,25	37,97	6	монтажн. 5 р.-1, 4р.-2	6,5
21	Монтаж запірної арматури	1шт	581	2,41	175	16	монтажн. 3р.-2, 4 р.-2	7
22	Монтаж вузлів обліку Pollusom E-25	1шт	109	1	13,62	6	монтажн. 5 р.-2, 4р.-4	2,5
23	Випробування системи опалення	100м	7,43	8,22	7,63	4	монтажн. 6 р.-1, 5р.-3	2
24	Випробування системи сонячних колекторів	100м	4,4	8,22	4,52	4	монтажн. 6 р.-1, 5р.-3	1
25	Ґрунтування поверхні труб систем	100м ²	0,92	97,68	11,23	3	ґрунтов щ. 2р-3	3,5
26	Пофарбування трубопроводів	100м ²	0,92	97,68	11,23	3	маляр 2р-3	3,5

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	Монтаж ізоляції	100м	36,37	9,12	41,46	12	монтажн. 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; Вантажн.- 2	0,5
								96

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

Розрахунок техніко-економічних показників календарного плану:

1. Загальний термін будівництва:

$$T_{\text{заг.}} = 38 \text{ днів.}$$

2. Загальна трудомісткість:

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

3. Середня чисельність робітників:

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

4. Максимальна чисельність робітників:

$$R_{\text{max.}} = 24 \text{ робітників.}$$

5. Надлишкова трудомісткість:

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

6. Коефіцієнт, що характеризує використання робітників протягом будівництва:

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

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

7. Коефіцієнт нерівномірності графіку руху робітників по працевитратам:

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

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

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
Трубогиб 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 ²	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	«BAXI»	шт.	2	314	618
Буферна ємність	WWSP	шт.	4	270	1080
Модуль регулятор температури АРД	«BECT M»	шт.	1	235	235
Блочна автоматична водопідготовка DHF-30/1-F	«BECT M»	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 BAXI	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

Продовження таблиці 3.5

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	Y222	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 ²	91,75	0,03	2,75
Фарба олійна	ДСТУ ISO 1513:2014	м ²	91,75	0,06	5,5
					14835,63

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
		Σ=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
		Σ = 44,35 кг

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначається за формулою:

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

де P – потужність приладу, кВт;

τ – термін роботи приладу, год.;

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання.

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

$$E = 34 \cdot 140 \cdot 0,5 = 238 \text{ (кВт} \cdot \text{год.)}.$$

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 повітроспускні 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:	$P_{роб.} \div 1 \text{ атм.}, \text{ але } \geq 3 \text{ атм. (0,3)}$ 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).

Встановлення 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 рівномірності прогріву всіх нагрівальних приладів; розрахункових параметрів теплоносія в тепловому центрі або в котельні; відсутності помітної течії в з'єднаннях; безшумності роботи системи; здатності системи підтримувати в приміщеннях необхідну *тв*. 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 теплоізоляції, транспортного 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

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 бакалаврській дипломній роботі розглянуто проєктну 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 плоскому 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 клещі, 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 важкості Пб	Оптимальна	17-20	17-20	40-60	40-60	0,2	0,2
		Допустима	15-23	10-24	75	75	0,4	0,4
Теплий	Середньої	Оптимальна	20-23	20-23	40-60	40-60	0,3	0,3

	важкості Пб	Допустима	16-27	15-29	75 при $t > 27^{\circ}\text{C}$	75 при $t > 27^{\circ}\text{C}$	0,5	0,5
--	-------------	-----------	-------	-------	---------------------------------	---------------------------------	-----	-----

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 Вт/м^2 – при випромінюванні не більше 25% поверхні тіла.

З метою профілактики теплових травм температура зовнішніх поверхонь технологічного обладнання не повинна перевищувати 45°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^3		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Азоту двоокис NO_2	0,085	0,085	2

Ангідрид сірчаний SO ₂	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;

$E_{зов}$ – зовнішня природна освітленість дифузним світлом всього небосхилу, виміряна одночасно з $E_{вн}$, 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 врахувати 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 електромонтерам 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 приміщення	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 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 – середньоквадратичне 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.

Висновок до розділу 4

В даному розділі були розглянуті питання охорони праці. 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.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської дипломної роботи запропоновано проєктне 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 проєктні розрахунки теплотехнічних параметрів системи, які включають: теплотехнічний розрахунок, за результатом якого підібрано мінеральну вату товщиною $\delta_{\text{ут}} = 0,15$ м для стіни, пінополістирольні екструзійні плити для підлоги та горищного перекриття $\delta_{\text{ут}} = 0,12$ м та $\delta_{\text{ут}} = 0,2$ м відповідно; розраховано тепловтрати які становлять $Q_{\text{втр.}} = 331$ 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 проєктний 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 BAXI Power HT 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 І .О., Ратушний О. В. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії України : навч. посіб. для студ ВНЗ. 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 С. П., Коцар О. В., Чернецька Ю. В. Енергетична ефективність України : електронне видання. 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 теплопостачання [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.teplobak.com.ua/ua/articles/bufernaya-emkost/>.
- 6 Джеджула В.В., Ратушняк Г.С., Панкевич О.Д., Коц І.В. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної для магістрантів напряму підготовки «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця : ВНТУ, 2016. 39 с.
- 7 Пономарчук А.Ф., Пономарчук І.А., Волошин О.Б. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни „Опалення” для студентів напряму підготовки 092 – „Будівництво”. 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 кондиціювання : 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//produkciya/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.

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.

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 BAXI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://baxi.ua/page/produkciya/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 Г.С., Попова Г.С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції : навч. посіб. для студ ВНЗ / Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. – Вінниця.: ВДТУ, 2000. 122 с.

30 Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання: навч. посіб. для студ ВНЗ / – Вінниця.: ВДТУ, 2002. 120 с.

31 Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання 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 І.А., Колесник К. В. Опалення : навч. посіб. для студ ВНЗ / – 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-2apm>

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

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).

Додаток А

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Затверджено:

Завідувач кафедри ІСБ

К.т.н., проф. Ратушняк Г.С..

2024 року

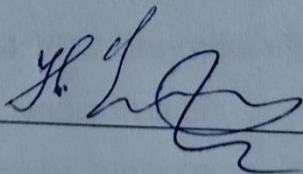


ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської дипломної роботи

Енергоефективна система опалення житлового будинку з використанням
альтернативних джерел енергії

Науковий керівник
к.т.н., проф.

 Коц І.В.

Розробив

Ст. гр. БТ-206

 Мудрицький О.В.

Технічне завдання

Розробити систему теплопостачання житлового будинку в м. Кам'янець-Подільський, (географічна широта 48°40'50" пн. ш. 26°34'50" сх. д.), зона вологості – нормальна, кліматична зона – I.

1. Призначення розробки та місце застосування.

Система теплопостачання призначена для створення нормативних мікрокліматичних умов, підтримання температурного балансу та забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях житлової будівлі.

2. Основа для виконання робіт

Завдання на БДР затверджено наказом № 80 від 11.03.2024 р.

Основою для виконання робіт є архітектурно-будівельні креслення житлової будівлі, функціональне призначення будівлі, результати обстеження будівлі.

3. Мета та призначення розробки

Мета роботи полягає у визначенні ефективності застосування сонячних колекторів для систем теплопостачання будинку.

4. Джерела розробки

Джерелами розробки є архітектурно-будівельні робочі креслення житлової будівлі, технологічне завдання та нормативно технічна література.

5. Технічні вимоги

Технічні вимоги до систем опалення, вентиляції та кондиціонування наведені у нормативній літературі:

- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
- ДБН В.2.2-15-2015 «Житлові будинки. Основні положення»;
- ДБН В.2.5 – 64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».

6. Вимоги щодо стандартизації

При розробці систем теплопостачання необхідно застосувати максимально можливу кількість стандартних виробів, які б забезпечували можливість швидкого монтажу системи та можливість їх ремонту чи заміни в разі поломки.

7. Вимоги з надійності до систем теплопостачання.

Санітарно-гігієнічні – забезпечення та підтримка в приміщенні потрібних температур.

Економічні – забезпечення мінімуму зведених затрат (капітальні та на експлуатацію).

Будівельні – ув'язка з будівельними конструкціями.

Монтажні – забезпечення монтажу систем індустріальними методами.

Експлуатаційні – простота та зручність обслуговування, керування та ремонту, надійність та безпечність систем і безперебійність їх роботи.

Естетичні – співвідношення з внутрішнім архітектурним оздобленням приміщення.

Вимоги до надійності викладені ДСТУ Б В.2.8-8-96. Обов'язковими є показники:

7.1. Середнє напрацювання обладнання на відмову, яке складає не менше 10 років.

7.2. Середній повний строк служби не менше 20 років.

7.3. Оцінка відповідності показників надійності – середнє напрацювання обладнання на відмову провести на етапі приймальних випробувань експериментальним шляхом відповідно до ДСТУ 3004-95.

7.4. На вироби повинні бути встановлені строки експлуатації.

8. Ергономічні вимоги:

- розташування органів управління основного та допоміжного обладнання повинні забезпечувати роботу персоналу нагляду протягом денної та нічної частини доби;

- виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточнюється на стадії приймальних випробувань .

9. Експлуатаційні та ремонтні вимоги.

Для виробів в період експлуатації повинні бути встановлені такі види технічного обслуговування: сезонне ТО, регламентоване ТО, строки ТО повинні по можливості збігатись зі строками обслуговування базового обладнання.

10. Порядок розробки випробування, приймання системи теплопостачання.

10.1. Стадії розробки встановлюють відповідно до ДБН В.2.5.- 67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Обов'язковими етапами дослідно-конструкторської роботи є:

- розроблення та затвердження із замовником функціональних та принципових схем, конструкторських компонувань та робочих креслень,
- розробка та узгодження програми та методики випробувань,
- узагальнення результатів виконаних робіт, вироблення рекомендацій та інструкцій;
- ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника.

Порядок приймання розробки здійснюється відповідно до вимог Держстандарту. Оцінювання виконаної розробки і прийняття рішення щодо виконаної розробки виконує приймальна комісія, яку формує розробник.

В склад комісії входять: представник замовника, розробника і виробника. Головою комісії призначається представник замовника.

Місце і строки випробувань визначають заздалегідь і попередньо узгоджують.

Перелік документів, що подаються на випробування. Визначається у програмі випробувань.

Дане технічне завдання може узгоджуватись та доповнюватись в процесі проектування.

11. Етапи проектування та строки виконання магістерської кваліфікаційної роботи (табл. А.1).

Таблиця А.1 – Етапи проектування та строки виконання БДР

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)
1	Аналітичний огляд сучасного стану використання комбінованої енергоефективної системи теплопостачання	
2	Теоретичне обґрунтування та проектне рішення прийнятого варіанта системи теплопостачання	
3	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень системи теплопостачання	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
5	Техніко-економічне обґрунтування	
6	Попередній захист	
7	Рецензування	
8	Захист МКР	

ДОДАТОК Б

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ ДИПЛОМНОЇ
РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ
ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Енергоефективна система опалення житлового будинку з використанням альтернативних джерел енергії.

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра ІСБ, ФБЦЕІ

(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 82,5% Схожість 17,5%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Слободян Н.М.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Мудрицький О.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Коц І.В.

(прізвище, ініціали)

Додаток Е

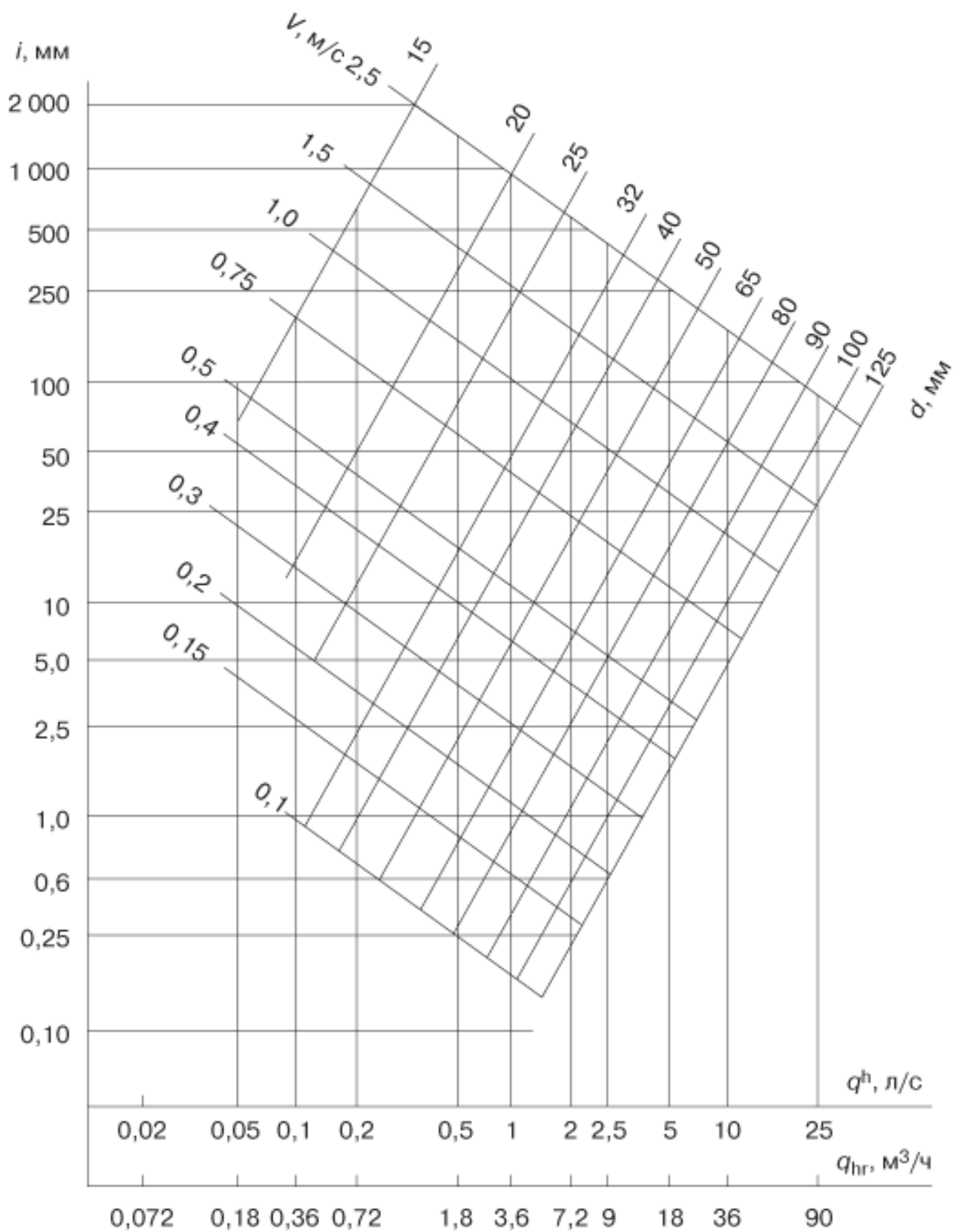
Характеристики радіаторів Термія типу РН 5/60

Тип радиатора РН, РНС	Номинальный тепловой поток (тепловая мощность), Вт			
	40°C (65/55/20)	50°C (75/65/20)	60°C (90/70/20)	70°C (95/85/20)*
<i>высотой 60 см</i>				
5/60/40	264	394	490	590
5/60/60	475	708	881	1060
5/60/80	681	1015	1263	1520
5/60/100	905	1349	1679	2020
5/60/120	1147	1710	2127	2560
5/60/140	1407	2098	2609	3140
5/60/160	1662	2478	3083	3710
5/60/180	1859	2772	3449	4150
5/60/200	2070	3086	3839	4620

Тип радиатора	Высота, см	Длина, см	Глубина, см	Масса нетто, кг	Межцентровое расстояние, см	Номинальный тепловой поток*, Вт	Объем теплоносителя, дм ³	Удельная масса, кг/кВт
<i>Высотой 600 мм</i>								
60/40	60	40	9	3,7	50	590	0,55	6,0
60/60		60		5,3		1060	0,69	4,8
60/80		80		6,9		1520	0,83	4,3
60/100		100		8,6		2020	1,00	4,1
60/120		120		10,2		2560	1,09	3,85
60/140		140		13,2		3140	1,29	3,5
60/160		160		13,2		3710	1,41	3,3
60/180		180		13,8		4150	1,5	3,3
60/200		200		15,2		4620	1,63	3,2

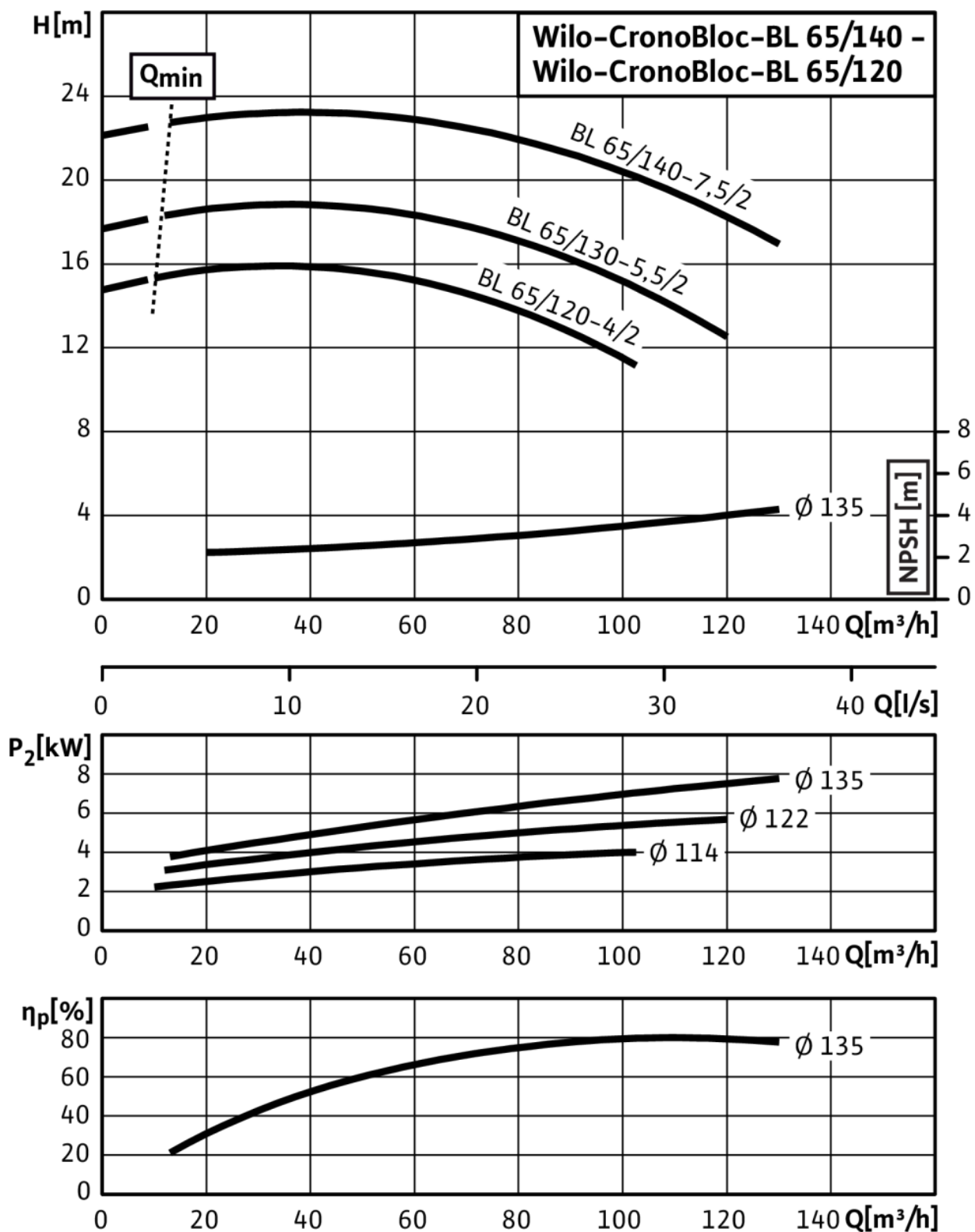
Додаток Є

Номограма для гідралічного розрахунку сталевих трубопроводів



Додаток Ж

Характеристики циркуляційного насоса Wilo-CronoBloc-BL 65/120



Додаток И

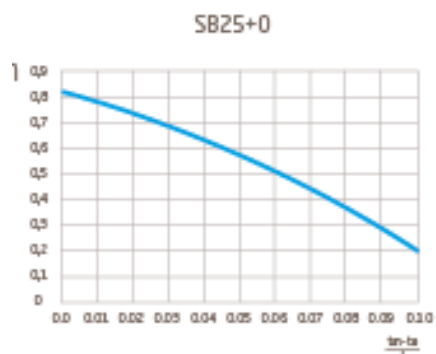
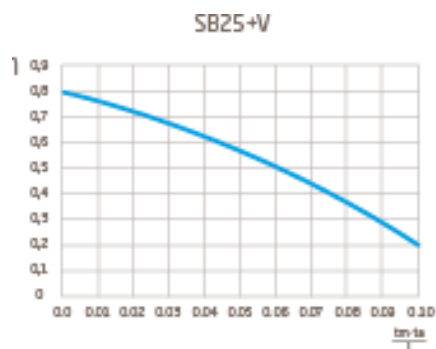
Характеристики конденсаційного котла Baxi Power HT1 .280

POWER HT		1.115	1.135	1.180	1.230	1.280	1.320
Макс. споживана потужність	кВт	114,0	125,0	170,0	215,0	260,0	300,0
Мін. споживана потужність	кВт	20	20	28	35	42	48
Ном. корисна потужність <i>Prated</i>	кВт	115	122	166	210	255	294
Корисна потужність при ном. потужності і високотемпературному режимі* P_4	кВт	110,9	121,6	165,8	210	255	294
Корисна потужність при 30% від ном. потужності і низькотемпературному режимі** P_1	кВт	37,2	40,8	55,5	69,7	84,4	97,3
Макс. витрата природного газу	м³/год	12,06	13,35	18,06	22,8	27,5	37,7
Ефективність при ном. потужності і високотемпературному режимі* η_4	%	87,7	87,7	87,9	88	88,2	88,3
Ефективність при 30% від ном. потужності і низькотемпературному режимі** η_1	%	98	98	98	97,3	97,5	97,4
Ефективність при ном. потужності (нижнє значення теплотворної здатності) - середня температура 70 °C	%	97,3	97,3	97,5	97,9	98	98
Ефективність при 30% від ном. потужності (нижнє значення теплотворної здатності) - температура на поверненні 30 °C	%	108,8	108,8	106,7	105,6	105,6	105,7
Викиди NOx	мг/кВт·год	38	38	38	39	39	39
Мінімальна робоча температура	°C	-5	-5	-5	-5	-5	-5
Діапазон температури контуру опалення	°C	25/80	25/80	25/80	25/80	25/80	25/80
Мін. тиск в контурі опалення	бар	29	29	34	38	45	53
Макс. тиск в контурі опалення	бар	6	6	6	6	6	6
Коаксіальний димохід	мм	Ø160	Ø160	Ø160	Ø200	Ø200	Ø200
Витрата димових газів при макс. потужності	кг/с	0,052	0,057	0,077	0,097	0,118	0,136
Витрата димових газів при мін. потужності	кг/с	0,0091	0,0091	0,0127	0,016	0,019	0,021
Макс. температура димових газів	°C	60	61	61	61	61	61
Габаритні розміри (В x Ш x Г)	мм	1458x692 x1008	1458x692 x1008	1458x692 x1008	1458x692 x1231	1458x692 x1324	1458x692 x1417
Вага	кг	205	205	240	285	314	344
Тип газу		Природний газ					
Електрична потужність	Вт	160	170	200	330	350	410
Дод. ел. потужність при макс. навантаженні el_{max}	Вт	0,160	0,170	0,200	0,330	0,350	0,410
Дод. ел. потужність при мін. навантаженні el_{min}	Вт	0,031	0,031	0,034	0,040	0,046	0,051
Дод. ел. потужність в режимі очікування P_{sp}	Вт	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Пропоновані насоси		Magna 3 40-80***	Magna 3 40-80***	Magna 3 40-80***	Magna 3 40-80***	Magna 3 50-60***	Magna 3 50-60***

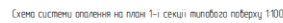
Додаток К

Характеристики сонячного колектора Вахі SB 25+V

		SB 25+V	SB 25+O
Загальна площа	м ²	2,51	2,51
Площа абсорбції	м ²	2,35	2,35
Апертурна площа	м ²	2,37	2,37
Висота	мм	2187	1147
Ширина	мм	1147	2187
Товщина	мм	87	87
Вага	кг	47	49
Об'єм колектора	л	2,3	2,7
Макс. робочий тиск	бар	10	10
Теплоємність колектора	кДж/ м ² К	6,75	7,55
η_0 оптичний ККД (ефективність поглинання сонячної енергії)*	%	81,8	82,4
α_1 теплові втрати*	Вт/м ² К	3,505	3,777
α_2 теплові втрати*	Вт/м ² К ²	0,019	0,016
Втрати тиску при витраті 1000 л/год	мбар	100	80
Фактор кута падіння (фактор IAM)		0,91 при 50°	0,91 при 50°
Температура стагнації (I= 1000 Вт/м ² ta=30°C)	°C	197	198
Пікова потужність (G=1000 Вт/м ²)	Вт	1926	1940

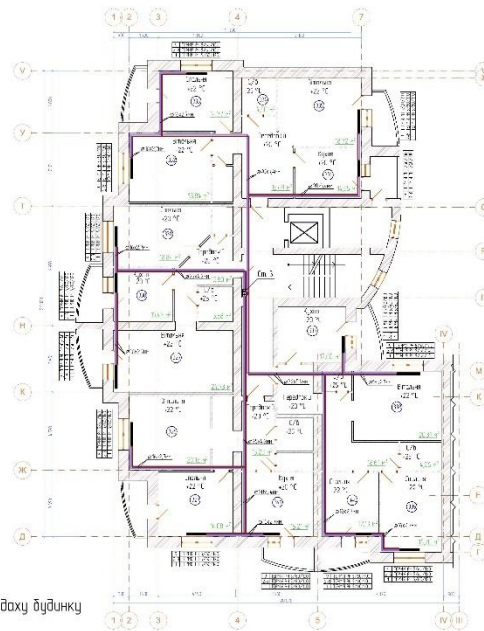


ГРАФІЧНА ЧАСТИНА



Експлікація приміщень типового поверху

Експлікація приміщень типового поверху

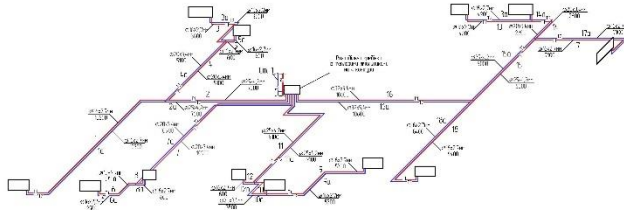


№	Наименование	Площадь, кв. м	Грибок
301	Витальня	21,4	
302	Кухня	12,05	
303	Кухня	14,84	
304	Витальня	2,58	
305	Спальня	20,72	
306	Спальня	3,44	
307	Спальня	5,21	
308	Спальня	6,65	
309	Витальня	10,5	
310	Спальня	11,52	
311	Кухня	10,3	
312	Кухня	11,71	
313	Витальня	18,02	
314	Спальня	26,57	
315	Спальня	6,75	
316	Спальня	19,32	
317	Кухня	6,93	
318	Кухня	12,06	
319	Витальня	21,4	
320	Спальня	26,57	
321	Витальня	18,02	
322	Кухня	11,72	
323	Кухня	11,72	
324	Спальня	17,62	
325	Витальня	18,86	
326	Витальня	22,6	
327	Спальня	20,8	
328	Витальня	20,73	
329	Витальня	24,78	
330	Кухня	3,65	
331	Спальня	17,81	
332	Витальня	18,84	
333	Спальня	19,37	
334	Спальня	4,37	
335	Витальня	18,72	
336	Кухня	14,96	
337	Кухня	12	
338	Спальня	22,3	
339	Спальня	18,6	
340	Спальня	12,13	
341	Кухня	6,21	

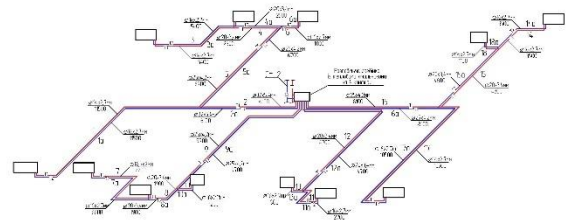
[illegible]

Додаток К

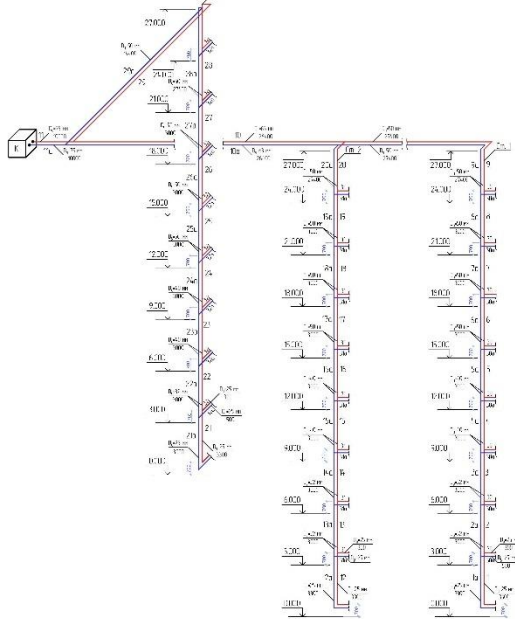
Аксанометрична схема системи опалення 1-ї секції типового поверху 1:100



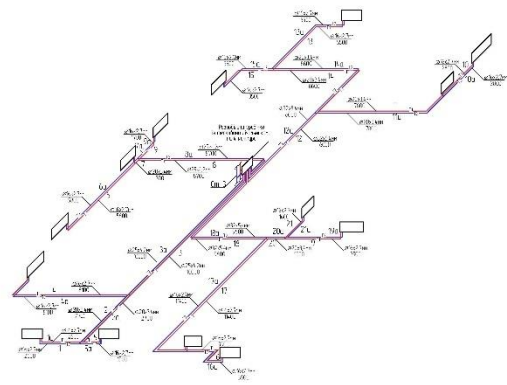
Аксанометрична схема системи опалення 2-ї секції типового поверху 1:100



Аксанометрична схема вертикального разведения системы отопления здания 1:100

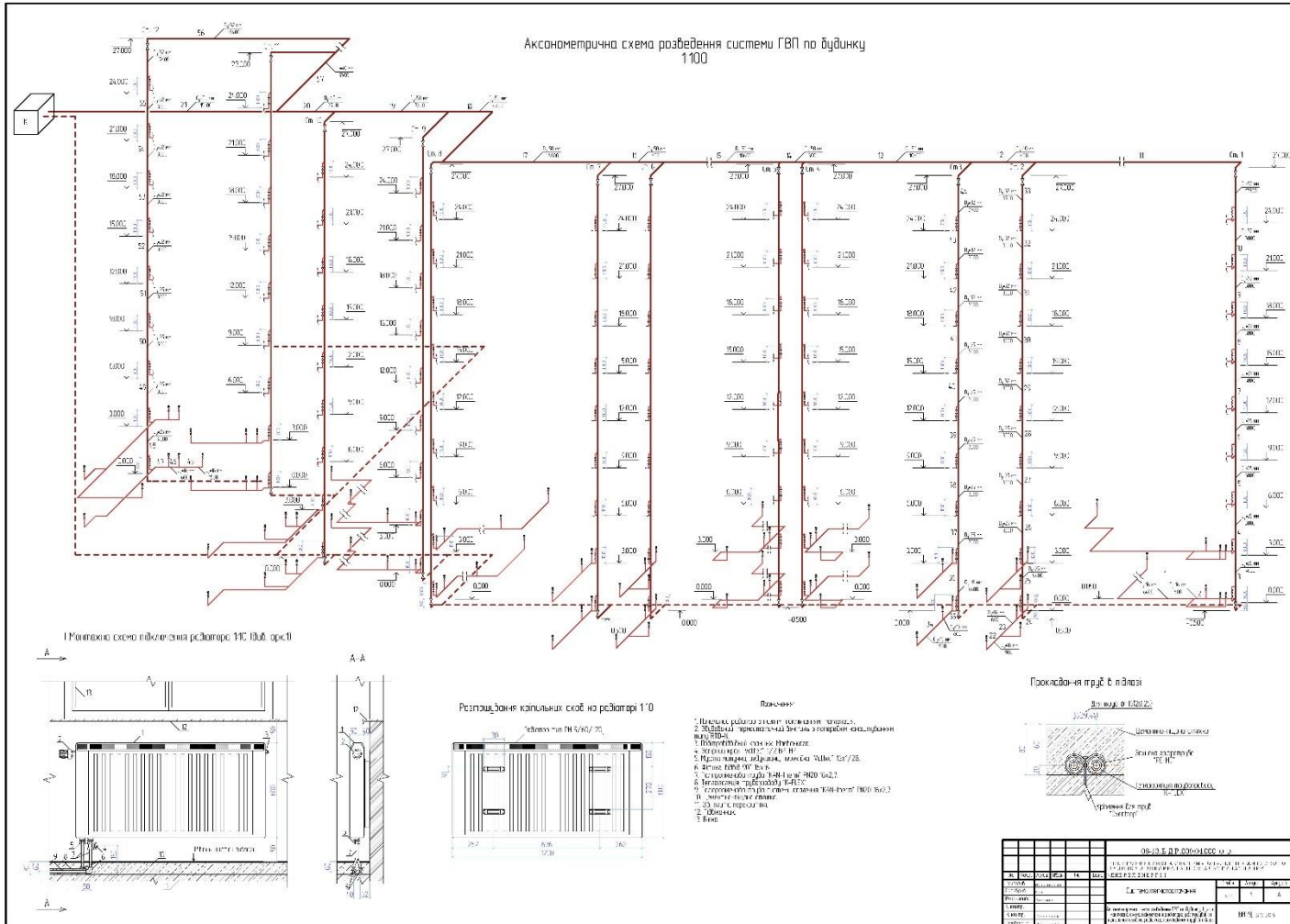


Аксанометрична схема системи опалення 3-ї секції типового поверху 1:100



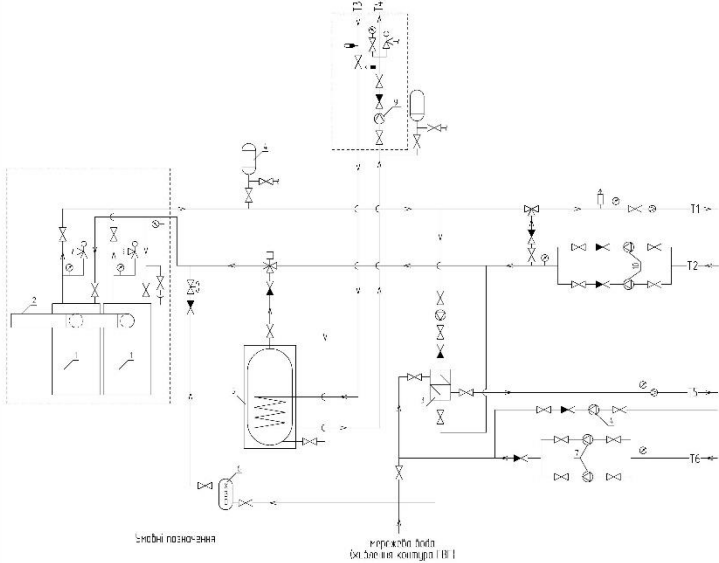
08.13.10.10.00.00.00									
СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ ТА ВОДОПІСТАВЛЕННЯ									
ПЛАТІНОВА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ									
ДІАГРАМА КОМПОНЕНТІВ									
№	Назва	Код	Категорія	Статус	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь
1	Водопостачання	01	Водопостачання	Активна	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь
2	Опалення	02	Опалення	Активна	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь
3	Вентиляція	03	Вентиляція	Активна	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь
4	Санітарно-технічне	04	Санітарно-технічне	Активна	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь
5	Електропостачання	05	Електропостачання	Активна	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь
6	Теплопостачання	06	Теплопостачання	Активна	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь
7	Водосток	07	Водосток	Активна	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь
8	Вентиляція	08	Вентиляція	Активна	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь
9	Санітарно-технічне	09	Санітарно-технічне	Активна	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь
10	Електропостачання	10	Електропостачання	Активна	Відео	Зображення	Деталь	Відео	Деталь

Додаток К



Додаток К

Тепломеханічна схема дахової копельні



Символі позначення

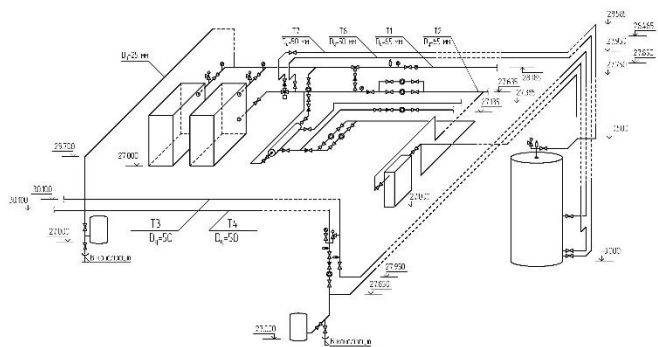
- [illegible]

Կարգադրող հոգին
(Իս. Կո. ևս. Կոմիտաս) [18]

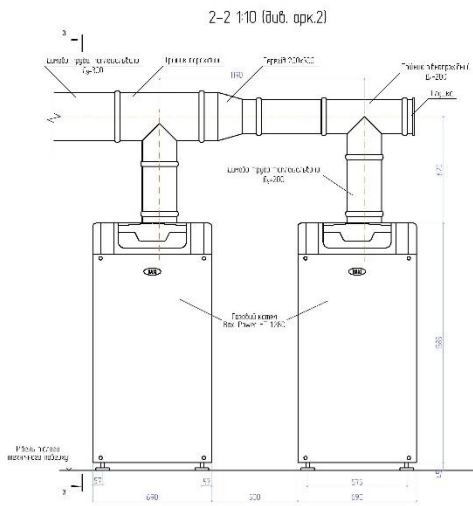
Експликація обладнання котельні

1	Котел BAXI Power HT 128C
2	Диагональный
3	Гидравлический Маг-Пис МГ 400
4	Расширительный бак Reflex NC 300
5	Бак-аккумулятор
6	Хит биди/биди/биди
7	Механический насос ГВН WLO
8	Частотный циркуляционный насос ГВН WLO
9	Циркуляционный насос на коллекторы
10	Циркуляционный насос Wilo BL 65/20

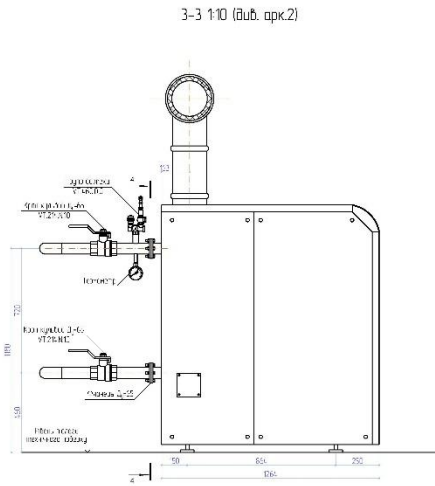
Аксонетрична схема трубопроводів котельні 1:100

[illegible]

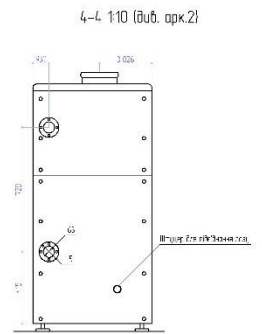
Додаток К



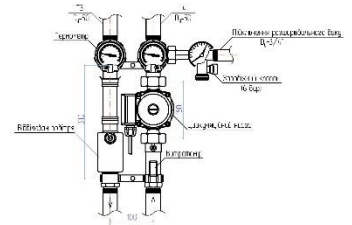
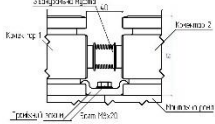
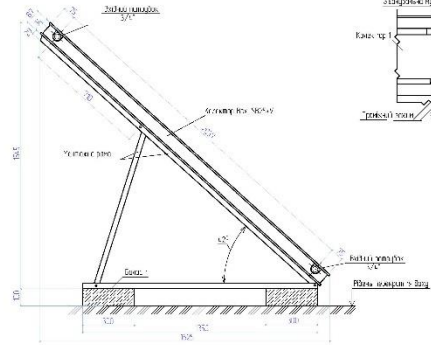
III Монтажна схема сонячного колектора 1:10 (див. арк.2)



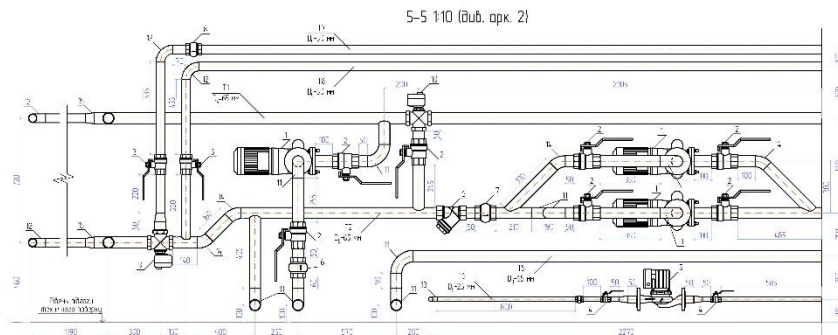
IV Вузол з'єднання сонячних колекторів
12 (див. арк.2)



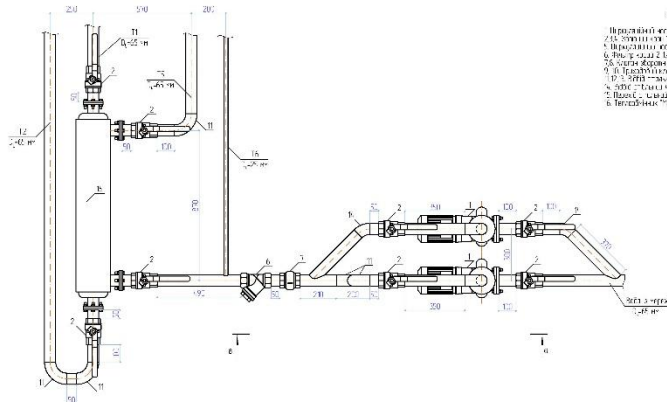
VI Вузол влаштування циркуляційного насоса та групи безпеки геліосистеми 1:10 (див. арк.2)

[illegible]

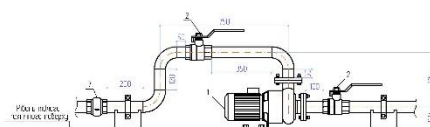
Додаток К



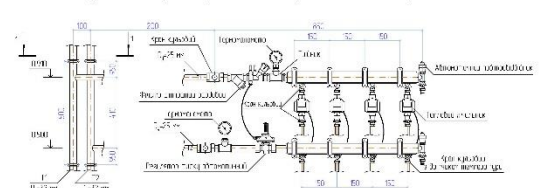
У Вузол підключення теплообмінника ГВП 1:10 (див. арк. 2)



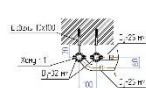
6-6



II Вузол влаштування розподільчої з'єдінки 1:10 (див. арк.1)



1-1

[illegible]

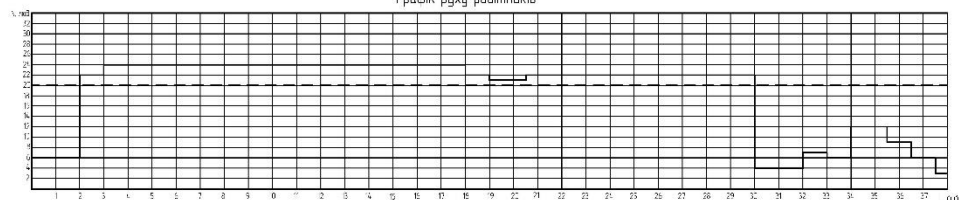
Календарний план монтажу системи теплопостачання

[illegible]

Техніко-економічні показники календарного плану

λ	β_{max}	β_{min}	$\beta_{\text{max}}/\beta_{\text{min}}$
1	0.2	0.06	3.33
2	0.1	0.03	3.33
3	0.05	0.015	3.33
4	0.025	0.0075	3.33
5	0.0125	0.00375	3.33
6	0.00625	0.001875	3.33
7	0.003125	0.0009375	3.33
8	0.0015625	0.00046875	3.33

Графік руху робітників



Графік роботи машин та механізмів

2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026	2026-2027	2027-2028	2028-2029	2029-2030	2030-2031	2031-2032	2032-2033	2033-2034	2034-2035	2035-2036	2036-2037	2037-2038	2038-2039	2039-2040	2040-2041	2041-2042	2042-2043	2043-2044	2044-2045	2045-2046	2046-2047	2047-2048	2048-2049	2049-2050	2050-2051	2051-2052	2052-2053	2053-2054	2054-2055	2055-2056	2056-2057	2057-2058	2058-2059	2059-2060	2060-2061	2061-2062	2062-2063	2063-2064	2064-2065	2065-2066	2066-2067	2067-2068	2068-2069	2069-2070	2070-2071	2071-2072	2072-2073	2073-2074	2074-2075	2075-2076	2076-2077	2077-2078	2078-2079	2079-2080	2080-2081	2081-2082	2082-2083	2083-2084	2084-2085	2085-2086	2086-2087	2087-2088	2088-2089	2089-2090	2090-2091	2091-2092	2092-2093	2093-2094	2094-2095	2095-2096	2096-2097	2097-2098	2098-2099	2099-2100	2100-2101	2101-2102	2102-2103	2103-2104	2104-2105	2105-2106	2106-2107	2107-2108	2108-2109	2109-2110	2110-2111	2111-2112	2112-2113	2113-2114	2114-2115	2115-2116	2116-2117	2117-2118	2118-2119	2119-2120	2120-2121	2121-2122	2122-2123	2123-2124	2124-2125	2125-2126	2126-2127	2127-2128	2128-2129	2129-2130	2130-2131	2131-2132	2132-2133	2133-2134	2134-2135	2135-2136	2136-2137	2137-2138	2138-2139	2139-2140	2140-2141	2141-2142	2142-2143	2143-2144	2144-2145	2145-2146	2146-2147	2147-2148	2148-2149	2149-2150	2150-2151	2151-2152	2152-2153	2153-2154	2154-2155	2155-2156	2156-2157	2157-2158	2158-2159	2159-2160	2160-2161	2161-2162	2162-2163	2163-2164	2164-2165	2165-2166	2166-2167	2167-2168	2168-2169	2169-2170	2170-2171	2171-2172	2172-2173	2173-2174	2174-2175	2175-2176	2176-2177	2177-2178	2178-2179	2179-2180	2180-2181	2181-2182	2182-2183	2183-2184	2184-2185	2185-2186	2186-2187	2187-2188	2188-2189	2189-2190	2190-2191	2191-2192	2192-2193	2193-2194	2194-2195	2195-2196	2196-2197	2197-2198	2198-2199	2199-2200	2200-2201	2201-2202	2202-2203	2203-2204	2204-2205	2205-2206	2206-2207	2207-2208	2208-2209	2209-2210	2210-2211	2211-2212	2212-2213	2213-2214	2214-2215	2215-2216	2216-2217	2217-2218	2218-2219	2219-2220	2220-2221	2221-2222	2222-2223	2223-2224	2224-2225	2225-2226	2226-2227	2227-2228	2228-2229	2229-2230	2230-2231	2231-2232	2232-2233	2233-2234	2234-2235	2235-2236	2236-2237	2237-2238	2238-2239	2239-2240	2240-2241	2241-2242	2242-2243	2243-2244	2244-2245	2245-2246	2246-2247	2247-2248	2248-2249	2249-2250	2250-2251	2251-2252	2252-2253	2253-2254	2254-2255	2255-2256	2256-2257	2257-2258	2258-2259	2259-2260	2260-2261	2261-2262	2262-2263	2263-2264	2264-2265	2265-2266	2266-2267	2267-2268	2268-2269	2269-2270	2270-2271	2271-2272	2272-2273	2273-2274	2274-2275	2275-2276	2276-2277	2277-2278	2278-2279	2279-2280	2280-2281	2281-2282	2282-2283	2283-2284	2284-2285	2285-2286	2286-2287	2287-2288	2288-2289	2289-2290	2290-2291	2291-
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------

[illegible]

Додаток К