

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

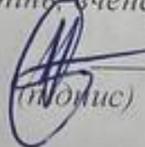
Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

**СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО  
БУДИНКУ ПІДВИЩЕНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІЗ  
ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ  
ЕНЕРГІЇ.**

Виконав студент 2 курсу, групи ТГ-24Мі  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

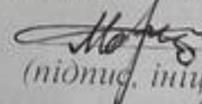
 Панченко А.Я.  
Керівник: к.т.н., Слободян Н.М. \_

(науковий ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

 «15» 12 2025 р.  
(підпис)

Опонент д.т.н., проф., кафедри БМГА

(науковий ступінь, вчене звання, кафедра)

 А.С.Моргун  
(підпис, ініціали та прізвище)

«16» 12 2025 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ІСБ  
к.т.н. проф. Ратушняк Г.С.  
«15» 12 2025 р.



Вінниця ВНТУ -2025

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
Кафедра Інженерних систем у будівництві  
Рівень вищої освіти II (магістерський)  
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво  
Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
Освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



«28» 09 2025р

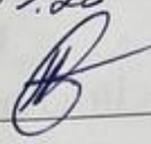
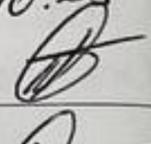
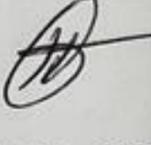
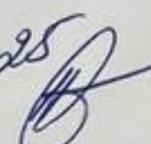
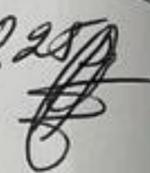
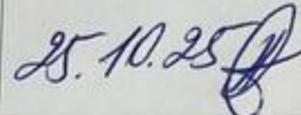
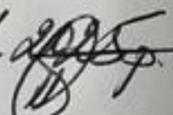
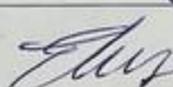
## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Панченко Артема Ярославовича

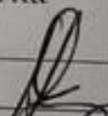
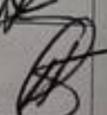
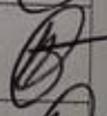
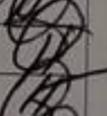
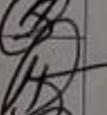
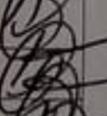
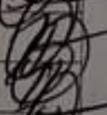
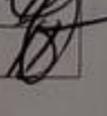
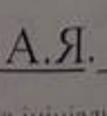
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система опалення багатоповерхового житлового будинку підвищеної енергоефективності із застосуванням відновлювальних джерел енергії. Керівник роботи к.т.н., доцент Слободян Н.М. Затверджено наказом вищого навчального закладу «24» вересня 2025 року №313
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2025р
3. Вихідні данні до роботи Архітектурно-будівельні креслення будівлі. Проектна документація на будівництво, результати обстеження будівлі, технічні характеристики огорожувальних конструкцій будівлі, термічний опір стін не менше  $R_{cm} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ . Відомі проектні пропозиції щодо термомодернізації будівель-аналогів, наукові дослідження в напрямку енергоефективності систем опалення та вентиляції, наукові публікації.
4. Зміст текстової частини Вступ, аналітичний огляд конструктивних рішень системи опалення, теоретичне та проєктне обґрунтування особливостей системи опалення, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень, заходи з енергозбереження та охорони довкілля, техніко-економічні показники, загальний висновок, перелік використаних джерел, додатків.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Схеми систем опалення, аксонометричні схеми, розріз теплового насосу, календарний план.

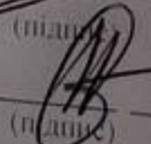
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний огляд конструктивних рішень системи опалення	Слободян Н.М. к.т.н. доцент	25.09.25 	01.10.25 
Теоретичне та проектне обґрунтування особливостей системи опалення	Слободян Н.М. к.т.н. доцент	02.10.25 	10.10.25 
Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень	Слободян Н.М. к.т.н. доцент	11.10.25 	21.10.25 
Заходи з енергозбереження та охорони довкілля	Слободян Н.М. к.т.н. доцент	25.10.25 	03.11.25 
Техніко-економічні показники	Лялюк О.Г. к.т.н. доцент		 10.12.25

7. Дата видачі завдання 24.09.2025р.

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів (роботи)	Примітка
1	Складання вступу до МКР	25.09.2025	вик. 
2	Аналітичний огляд конструктивних рішень системи опалення	01.10.25	вик. 
3	Теоретичне та проектне обґрунтування особливостей системи опалення	10.10.25	вик. 
4	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень	24.10.25	вик. 
5	Заходи з енергозбереження та охорони довкілля	03.11.25	вик. 
6	Техніко-економічні показники проектних рішень	14.11.25	вик. 
7	Оформлення графічної частини та пояснювальної записки, розробка презентації	28.11.25	вик. 
8	Попередній захист	02.12.25	вик. 
9	Виправлення зауважень	04.12.25	вик. 
10	Рецензування	10.12.25	вик. 
11	Захист МКР	17.12.25	вик. 

Магістрант  Панченко А.Я.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Слободян Н.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 628.8

Панченко А.Я. **Система опалення багатоповерхового житлового будинку підвищеної енергоефективності із застосуванням відновлювальних джерел енергії.** Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма – теплогазопостачання і вентиляція. Вінниця: ВНТУ, 2025, с.

На укр, мові. Бібліогр.: назв; рис. ; табл. .

У даній магістерській кваліфікаційній роботі виконано аналіз стану використання водяної системи опалення, теоретичне та практичне обґрунтування основних параметрів та характеристик, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень.

Система опалення, що представлена у даному проєкті – водяна, що працює за рахунок комбінованої системи, яка складається з ґрунтового теплового насоса та сонячного колектору. Всі елементи системи опалення підібрані за сучасними вимогами та з каталогів.

Наведено технологічний процес монтажу системи та рекомендації з її експлуатації.

Перший розділ містить аналітичний огляд конструктивних рішень системи опалення.

В другому розділі наведено обґрунтування конструктивних особливостей системи опалення.

## ABSTRACT

Panchenko A.Y. **Heating system of a multi-storey residential building with increased energy efficiency using renewable energy sources.** Master's thesis in the field of 192 – Construction and Civil Engineering, educational and professional programme – heat and gas supply and ventilation. Vinnytsia: VNTU, 2025, 85 p.

In the Ukrainian language. Bibliography: titles; fig: ; table .

This master's thesis analyses the state of use of the water heating system, provides theoretical and practical justification of the main parameters and characteristics, and describes the organisational and technological support for the implementation of project solutions.

The heating system presented in this project is a water system that operates using a combined system consisting of a ground source heat pump and a solar collector. All elements of the heating system are selected in accordance with modern requirements and from catalogues.

The technological process of installing the system and recommendations for its operation are provided.

The first section contains an analytical review of the design solutions of the heating system.

The second section provides a justification for the design features of the heating system.

## З М І С Т

Вступ.....	
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ .....	
1.1 Основні характеристики та пріоритетність в сучасних рішеннях відновлювальних джерел енергії.....	
1.2 Сонячний колектор як сучасний засіб для автономного теплопостачання.	
1.3 Застосування теплового насосу для досягнення енергоощадності системи опалення .....	
1.4 Аналіз та особливості використання комбінованої системи ВДЕ– сонячного теплового насосу. ....	
1.5 Фанкойли, їх особливості та переваги для низькотемпературних систем та при використанні ВДЕ.....	
1.6 Вихідні положення.....	
1.7 Аналіз проектних особливостей системи опалення будівлі .....	
1.8 Інформація про наявність сировини .....	
1.9 Будівельні та технологічні рішення .....	
1.10 Техніко – економічне обґрунтування .....	
1.10.1 Порівняння поточних витрат на опалення для населення за станом на жовтень 2025р. [2].....	
1.10.2 Порівняння вартості та потужності теплового насоса з іншими типами опалення.	
1.10.3 Визначення найбільш доцільного варіанту системи опалення .....	
Висновок до розділу 1.....	
2..... ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРОЕКТНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ .....	34
2.1 Вихідні дані:.....	
2.2 Моделювання теплотехнічних параметрів та проектні розрахунки системи опалення .....	
2.3 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни .....	
2.4 Розрахунок горищного перекриття.....	
2.5 Розрахунок перекриття першого поверху .....	
2.6 Розрахунок тепловтрат приміщень .....	
2.7 Моделювання гідравлічних режимів та визначення їх основних параметрів та характеристик .....	
2.7.1 Конструювання системи опалення .....	

2.7.2	Вибір опалювальних приладів .....	
2.7.3	Гідравлічний розрахунок трубопроводів опалення .....	
2.8	Обґрунтування та вибір обладнання по забезпеченню нормативних характеристик системи опалення .....	
2.8.1	Підбір балансувальних клапанів .....	
2.8.2	Підбір циркуляційних насосів.....	
2.9	Проектні розрахунки по вибору потужності сонячних колекторів .....	
	Висновок до розділу 2: .....	
3	.....ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ .....	49
3.1	Вихідні дані .....	
3.2	Отримання об'єкту під монтажні роботи. ....	
3.3	Визначення складу і об'ємів робіт .....	
3.4	Монтажні інструменти які необхідні для робіт. ....	
3.5	Аналіз конструктивних особливостей системи опалення .....	
3.6	Вимоги до монтажу елементів системи опалення та електропостачання ..	
3.6.1	Правила для влаштування трубопроводів. ....	
3.6.2	Вимоги до монтажу теплових насосів .....	
3.6.3	Правила влаштування земляного контуру .....	
3.6.4	Вимоги до монтажу сонячних колекторів .....	
3.7	Випробування відповідності системи.....	
3.8	Визначення трудомісткості будівельних і монтажних робіт, нормативного і планового складу бригад, загальної тривалості робіт.....	
3.9	Визначення витрати електроенергії.....	
3.10	Розрахунок техніко-економічних показників календарного плану .....	
	Висновок до розділу 3.	
4.3	ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ .....	
4.1	Загальні дані.....	
4.2	Моделювання тепловтрат будинку в залежності від зміни термічного опору огорожуючих конструкцій.....	
4.3	Складання енергетичного паспорту будинку .....	

Висновок до розділу	
5 Техніко-економічні показники.....	
5.1 Загальні техніко-економічні показники .....	
5.2 Локальний кошторис на будівельні роботи	
Висновки до розділу 5 .....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	
ДОДАТКИ.....	
Додаток А Технічне завдання .....	
Додаток Б - Тепловтрати першого поверху.....	
Додаток В - Тепловтрати 4-го поверху.....	
Додаток С - Гідравлічний розрахунок системи опалення.....	
Додаток Д - Висновок на перевірку МКР на плагіат.....	

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження:** На протязі останнього десятиліття значно змінилось становище з енергозабезпеченням населення і виробничої сфери в нашому суспільстві. Енергозбереження має бути направлено на економію енергоресурсів та зниження навантаження на навколишнє середовище. Побутовий сектор нашої країни відрізняється високим споживанням енергоресурсів, у порівнянні з Європейськими країнами.

Одним з варіантів економії енергоресурсів є використання низкопотенційних джерел тепла за допомогою теплових насосів та геліосистем для теплопостачання житлового будинку.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами:** Магістерська кваліфікаційна робота тісно пов'язана з програмами, планами та темами, що розробляються на кафедрі «Інженерних систем у будівництві» ВНТУ, які висвітлені в наступних наукових публікаціях:

1. Низькопотенційна енергетика: навчальний посібник / А. О. Редько, М. К. Безродний, М. В. Загорученко, Ратушняк, Г. С. [та ін.] ; під ред. академіка НАНУ А. А. Долинського. - Харків : ТОВ "Друкарня Мадрид". – 2016. – С. 412.

2. Перевага застосування теплових насосів в Україні. / М. Ф. Друкований, д.т.н., проф., В. П. Ковальський, к.т.н., доц. - Вінницький національний технічний університет. - УДК 620.9.

3. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: навч. посібник / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 170 с.

### **Мета і задачі дослідження:**

**Метою роботи** є підвищення енергоефективності систем опалення з використанням відновлювальних джерел енергії.

### **Задачі досліджень:**

- провести аналіз існуючих теоретичних даних, а також методів розрахунку систем теплопостачання із геотермальними тепловими насосами які функціонують в комбінації з геліосистемою, обґрунтувати доцільність їх для покращення опалення приміщень призначених для постійного перебування людей;

- розрахувати тепловтрати будівлі для визначення параметрів джерел системи теплопостачання;
- розробити показники енергетичної ефективності систем опалення і провести їх аналіз.

**Об'єкт дослідження:** система водяного обладнання житлового багатоквартирного будинку.

**Предмет дослідження:** теплові процеси та характеристики безпосереднього використання водяного опалення з умовою сумісної роботи їх з відновлювальними джерелами енергії та визначення її надійності та економічності.

**Методи дослідження:** Основні результати роботи одержано за допомогою сучасних методів дослідження:

- вивчення теми дослідження зі збиранням статистичних даних в існуючих наукових публікаціях та мережі Інтернет;
- проведення розрахунків та відповідних порівнянь згідно існуючих нормативних документів та сучасних розрахункових кошторисних програм та САД.

**Наукова новизна:** отримали подальший розвиток теоретичні дослідження комбінованих систем теплопостачання з використанням альтернативних джерел енергії, що дасть можливість використовувати результати для подальшого створення математичних моделей перетворення різних видів енергії;

отримало подальший розвиток оцінювання технічного стану сонячних панелей методами нечіткої логіки, що дозволить в подальшому створити системи для прогнозування технічного стану подібних систем;

розроблено наукові основи підвищення енергоефективності, екологічності, економічності, гнучкості, автономності та універсальності систем опалення з використанням відновлювальних джерел енергії.

**Практична цінність:**

- розроблено варіант використання відновлювальних джерел енергії (сонячна енергія в комбінації з тепловим насосом), який дає можливість практичного його впровадження в системи теплопостачання;

- запроєктовано відповідну систему для забезпечення оптимальних умов мікроклімату в будівлі;

- досліджено теоретично спільну роботу систем з безпосереднім та сумісним використанням теплоти навколишнього середовища та запропоновано методику проектного розрахунку подібних систем;

- досліджені техніко-економічні аспекти використання різних джерел нагрівання енергоносія, що дозволить практично оцінити терміни окупності та доцільність впровадження систем з використанням альтернативних джерел енергії.

### **Апробація і публікації.**

Основні положення і результати дослідження доповідалися й обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції 19-21 листопада 2025р «Енергоефективність в галузях економіки України»

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

## 1.1 Основні характеристики та пріоритетність в сучасних рішеннях відновлювальних джерел енергії.

Поновлювані джерела енергії, що використовують потоки сонячної енергії, вітрової енергії, геотермальну енергії, біомасу, моря і океани, не є традиційними. Такі джерела існують постійно або періодично у докільні і в майбутньому, майже невичерпні. Всі варіанти використання поновлюваних джерел енергії діляться на дві групи: які використовують пряму енергію сонячного випромінювання та його вторинних проявів (непряму сонячну енергію), а також можливість взаємодії енергії Сонця, Місяця і Землі.

Активність Сонця має безліч незалежних вторинних впливів на атмосферу, гідросферу і геосферу у вигляді вітру, гідроелектроенергії, енергії струму, хвиль, приливної енергії, теплової енергії докільня та т. д., що дає можливість використання дещо більш екологічних та економічних джерел енергії, що мають першочергове значення для розвитку енергетичних запасів планети задля покращення та розвитку життя людей.

Беззаперечними перевагами поновлювальних джерел енергії у порівнянні з більш традиційними є:

- Ресурсна невичерпність;
- Екологічні переваги, адже їхнє використання унеможливорює забруднення навколишнього середовища.

Стримують більш глобальне застосування нетрадиційних джерел енергії, такі фактори:

- низька щільність потоку енергії, наприклад для сонячної енергії на поверхні землі  $1,36 \cdot 10^{-3}$  МВт / м<sup>2</sup>, вітер зі швидкістю вітру 10 м / с -  $6 \cdot 10^{-4}$  МВт / м<sup>2</sup>, геотермальна енергія -  $3 \cdot 10^{-8}$  МВт / м<sup>2</sup>, а для атомних електростанцій - 0,2 МВт / м<sup>2</sup>;
- Нерегулярне виготовлення енергії з плином часу. ;
- Економічні фактори (висока вартість установок, їх монтажу та обслуговування).

У зв'язку з швидким ростом попиту на електроенергію, що до 2030 року збільшиться вдвічі, а в 2050 прогнозується і в 4 рази в порівнянні з 2000 роком запаси викопного палива суттєво знизяться, а можливо взагалі будуть у суттєвому дефіциті, що змушує розглядати швидкий розвиток використання відновлювальних джерел енергії.

## **1.2 Сонячний колектор як сучасний засіб для автономного теплопостачання.**

Сонячна енергія набула своєї популярності та продемонструвала свої беззаперечні плюси в опаленні, гарячому водопостачанні, кондиціюванні та інших важливих процесах.

Сонячні опалювальні системи класифікуються наступним чином[16]:

- «активні» системи сонячного теплопостачання з «активними» системами на основі сонячних колекторів з циркуляцією теплоносія у вигляді рідини (вода, сольові розчини) і газу (повітря);
- «пасивні» системи сонячного опалення, в яких різні конструктивні елементи будівель використовуються в якості приймачів сонячної енергії;
- Комбіновані системи сонячного опалення, в яких використовуються «пасивні» і «активні» сонячні нагрівальні елементи.

У сучасних системах теплопостачання з низькою і середньою температурою (до 100 °С), що використовуються для перетворення сонячної енергії в низькопотенційне тепло для гарячого водопостачання, опалення та інших процесів, основним елементом є плоский пластинчастий колектор, який є сонячним поглиначем. циркулює холодоагент, сонячний колектор теплоізолюваний ззаду і зашкленений спереду. Принципова схема плоского колектора показана на рис. 1.1. Основною ознакою цього колектора є те, що він вловлює як пряме, так і розсіяне сонячне випромінювання.

Високотемпературні сонячні колектори використовуються в високотемпературній системі теплопостачання (понад 100 °С). В даний час кращим з них є концентрований сонячний колектор, який представляє собою параболічний жолоб

з чорної трубкою посередині, яка концентрує сонячні промені. Ці колектори дуже ефективні в промисловості і для виробництва пари в електротехнічній промисловості. Їх недоліком є неможливість використання розсіяного сонячного випромінювання.

При використанні звичайних плоских колекторів практично неможливо підтримувати температуру охолоджуючої рідини понад 100 °С. Робоча температура охолоджуючої рідини може бути збільшена до 250-300 ° С за допомогою сонячних колекторів в вакуумному склі. В якості охолоджуючої рідини в датчиках можна використовувати воду, розчин етиленгліколю та пропіленгліколю, силіконове масло і повітря.

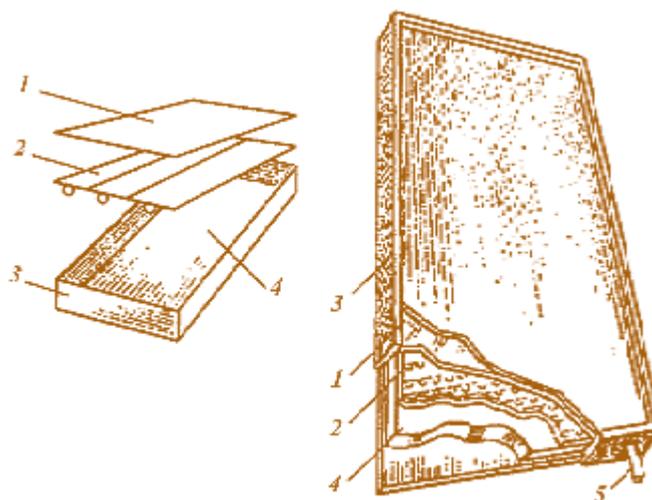


Рис. 1.1 Схема конструкції плоского колектора сонячної енергії: 1 – засклення; 2 – променепоглиняльна поверхня з трубками для рідини, яка нагрівається (абсорбер); 3 – корпус; 4 – труба; 5 – трубка для подачі теплоносія

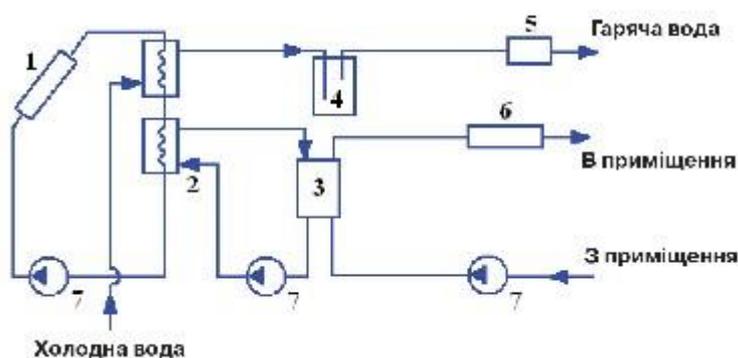


Рис. 1.2 Принципова схема комбінованої водяної системи сонячного теплопостачання: 1 – сонячний водяний колектор; 2 – швидкісний водо-водяний

теплообмінник; 3 – бак-акумулятор; 4 – бак гарячої води; 5 – додаткове джерело теплоти системи гарячого водопостачання; 6 – додаткове джерело теплоти для системи опалення; 7 – циркуляційні помпи

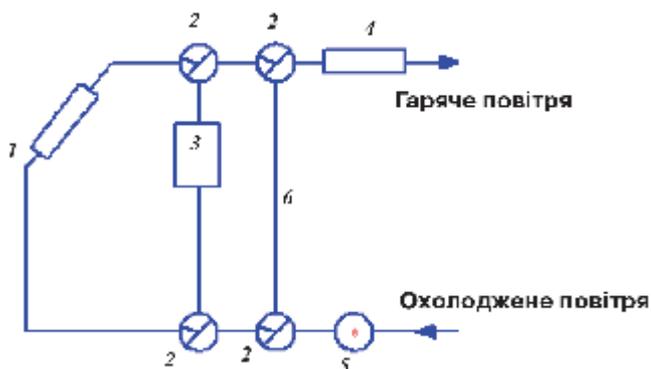


Рис. 1.3 Принципова схема активної повітряної системи сонячного опалення: 1 – сонячний повітряний колектор; 2 – триходова заслінка; 3 – гальковий акумулятор теплоти; 4 – додаткове джерело енергії; 5 – вентилятор; 6 – байпасна лінія акумулятора

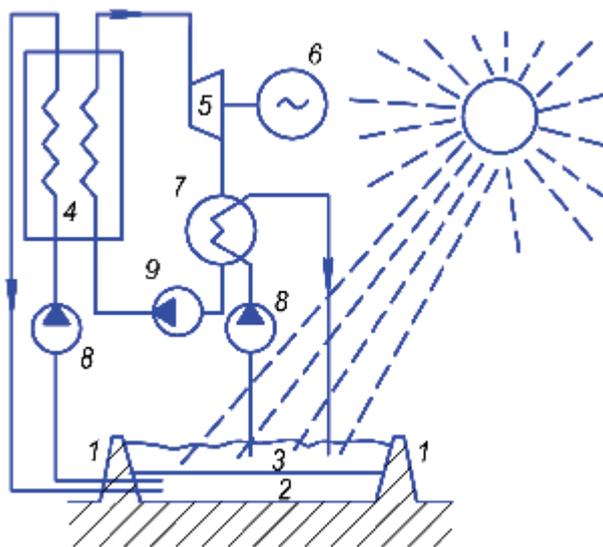


Рис. 1.4 Схема використання сонячного соляного ставка для отримання електричної енергії: 1 – дамби; 2 – гаряча вода з високою концентрацією солі; 3 – охолоджуюча вода з низькою концентрацією солі; 4 – теплообмінний апарат; 5 – турбіна; 6 – генератор; 7 – конденсатор; 8 – циркуляційні помпи; 9 – живильна помпа

Принципові схеми водяного і повітряного опалення приміщень колекторами наведено відповідно на рис. 1.2 і рис. 1.3. (рис.)

### 1.3 Застосування теплового насосу для досягнення енергоощадності системи опалення

Теплової насос - це система, що передає теплову енергію в опалювальний або водяний контур. Принцип його роботи заснований на замкнутому циклі Карно.

Відповідно до класифікації, найбільш поширеними тепловими насосами є[34]:

- повітряний (джерелом рекуперації тепла є повітря), що неефективний через постійне обмерзання випарника;

- Геотермальна енергія (використовуйте тепло землі, ґрунту або ґрунтових вод).

Геотермальні теплові насоси діляться на:

- Горизонтальний - колектор розміщується у вигляді кілець або хвиль в горизонтальних канавах нижче глибини морозильної камери в нижній частині (зазвичай від 1,20 м і більше). Цей метод є найдешевшим для житлових будівель, за умови, що не бракує землі під ударом.

- вертикальний - колектор розміщується вертикально в свердловинах глибиною до 200 м. Цей метод використовується в тих випадках, коли контур не може бути розташований горизонтально через поверхні землі або існує ризик пошкодження ландшафту.

- водяний - колектор хвилеподібний або у вигляді кілець у водоймі (озері, ставку, річці) нижче глибини замерзання. Це найдешевший варіант, але існують мінімальні вимоги до глибини і обсягу в резервуарі для конкретного регіону.

Одним з найбільш екологічно чистих і ефективних видів опалення є використання енергії ґрунту і води. Оскільки температура ґрунту відносно постійна протягом всього року на певній глибині, теплові насоси з «ґрунтовою водою» працюють з високою і стабільною продуктивністю. Під час опалювального сезону опалення ґрунтових вод може заощадити до 80% в порівнянні зі звичайною системою опалення газового котла, що є економічно вигідно.

Переваги теплових насосів:

Економічна: тепловий насос споживає електроенергію набагато ефективніше, ніж будь-який котел, що працює на паливі. Великий ККД ТН.

Широкий спектр застосування: Багато тепла розсіюється по всій нашій планеті. Земля і повітря всюди, і у більшості людей немає проблем з водою. Вони містять теплову енергію, поглинену сонцем. Теплові насоси незалежно від погоди, падіння

тиску в газовій лінії отримує це тепло. Все, що вам потрібно, це електрика. Якщо немає, то це не проблема. Деякі моделі теплових насосів можуть використовувати дизель або бензин для роботи.

**Екологічна:** тепловий насос не тільки економить гроші, але і захищає здоров'я власників і їхніх дітей. Пристрій не спалює паливо, виявляється, що не утворюються шкідливі оксиди, такі як CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PbO<sub>2</sub>. Тому на землі навколо будинку немає слідів сірки, закису азоту, фосфорної кислоти і бензольних з'єднань. А для нашої планети використання теплових насосів - явна перевага. Нарешті, споживання газу або вугілля для виробництва електроенергії в когенерації знижується. Фреони, які використовуються в теплових насосах, не містять хлорованих вуглеводнів і безпечні для озонового шару.

**Багатофункціональність:** зворотні теплові насоси працюють як в режимі обігріву, так і в режимі охолодження. Тепловий насос може відводити тепло з вашого домашнього повітря і охолоджувати його. Влітку надлишкове тепло можна використовувати для обігріву води або басейну.

**Безпечність:** теплові насоси захищені від вибуху і пожежі. В процесі нагрівання відсутні небезпечні гази, відкрите полум'я або шкідливі суміші. Деталі теплового насоса не нагріваються до високих температур, які можуть призвести до пожежі. Зупинка теплового насоса не зашкодить його. Ви можете використовувати їх безпечно після тривалого простою.

Зверніть увагу на технічні особливості при використанні теплових насосів.

1. Чим менше різниця між температурою джерела тепла і температурою охолоджуючої рідини в контурі опалення, тим вище коефіцієнт теплопередачі. Тому вигідніше обігрівати приміщення за допомогою низькотемпературних систем опалення: «тепла підлога» або повітряне опалення, тому що в таких випадках охолоджуюча рідина не повинна перевищувати 35 °C відповідно до будівельних вимог.

2. Чим вище коефіцієнт навантаження теплового насоса, тим краще його застосування. Наприклад, системи підігріву води в басейні працюють безперервно цілий рік. Ваш рівень зайнятості (завантаження потужностей протягом року) може досягати 80%. У системах опалення будинків коефіцієнт завантаження приладу складає близько 30 ... 40%. Отже, в першому випадку щорічна економія за рахунок

використання теплових насосів однакової потужності в 2 ... 3 рази вище, ніж у другому випадку, а час відновлення пристроїв становить 2 ... 3 рази менше.

3. Чим більше теплові втрати, тим більше доцільно використання теплових насосів. По-перше, питомі витрати на теплові насоси високої продуктивності (витрати на встановлений кВт) в 3-5 разів нижче, ніж у низькоенергетичних. уявлення; і по-друге, чим вище споживання тепла, тим більше економія споживання НР в абсолютному вираженні.

У будівництві по ДСТУ Б В.2.5.44-2010. Системи теплових насосів для радіаторів опалення з розрахунковою температурою  $80^{\circ}\text{C}$  і вище використовують каскадні системи теплових насосів.

При бурінні декількох свердловин необхідно дотримувати мінімальну відстань між ними 6 м.

Колектор розміщується вертикально в свердловинах глибиною до 200 м. Цей метод використовується у випадках, коли контур не може бути відрегульований по горизонталі через поверхні рельєфу або існує ризик пошкодження ландшафту.

Схема оптимального положення труб теплового насоса наведена на рис. 1,5

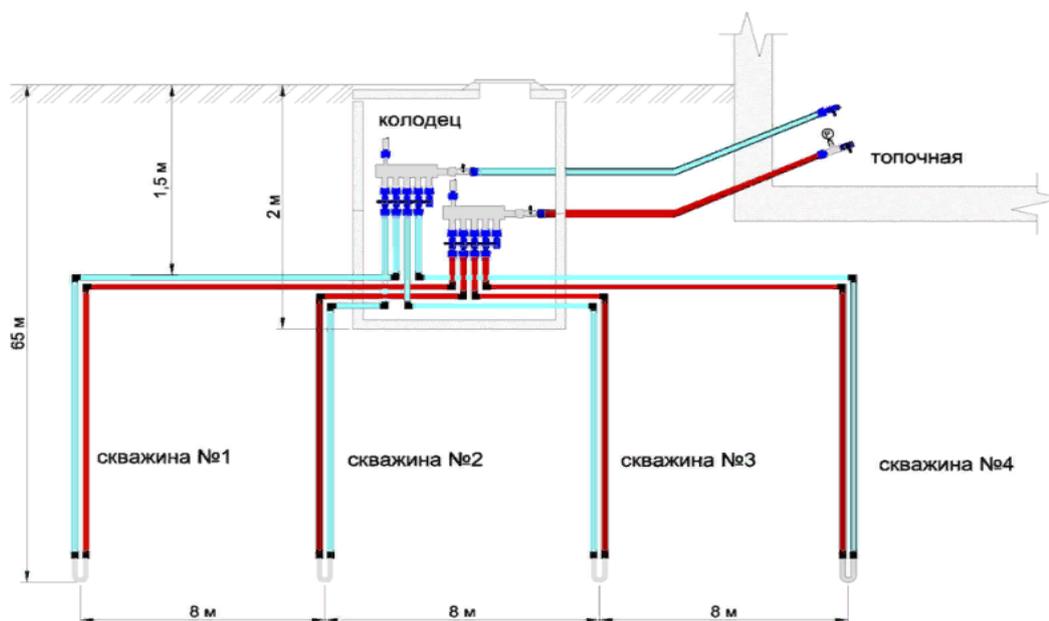


Рис 1.5. Тепловий насос та рекомендації по розміщенню.

#### 1.4 Аналіз та особливості використання комбінованої системи ВДЕ–сонячного теплового насосу.

Сонячний тепловий насос - це рішення, яке дозволяє спільне використання сонячних колекторів та теплового насоса в єдиній системі сонячного теплопостачання. Дане комбінування сонячного колектора і теплового насоса дозволяє підвищити енергетичну ефективність системи, також при експлуатації системи, знімається питання про зниження ефективної роботи в міжсезоння, тому як комбінована система (сонячний тепловий насос) надає постійну, стабільну роботу протягом всього року.

Для докладного опису принципу роботи сонячного теплового насоса розглянемо принципову схему на Рис. 1.6 [51].

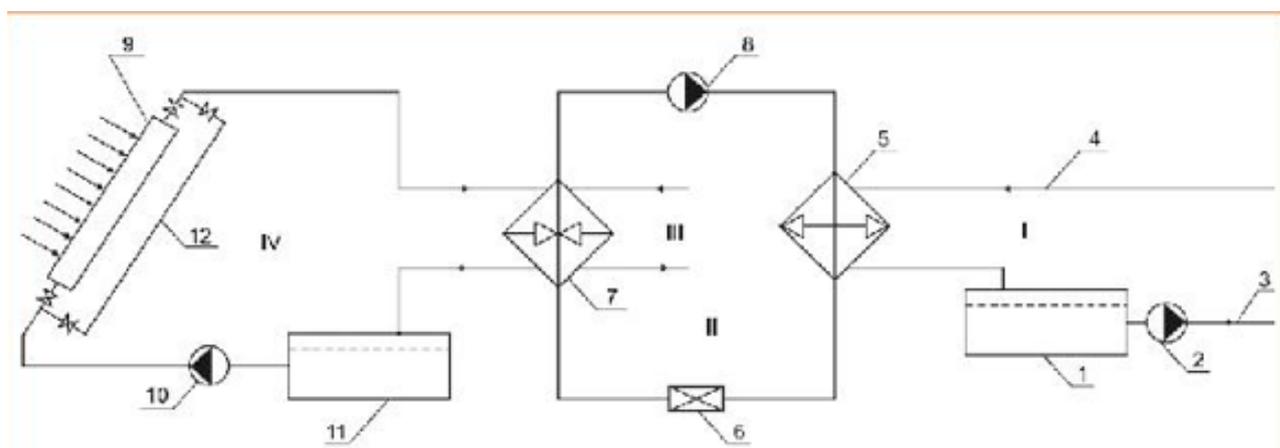


Рис. 1.6 Принципова схема системи сонячного теплопостачання з низькотемпературними сонячними колекторами в комбінації з тепловим насосом:

1 – бак-акумулятор; 2 – циркуляційний насос; 3,4 – подаючий та зворотній трубопроводи; 5 – конденсатор ТН; 6 – дросель; 7- випарник; 8 – компресор; 9 – низькотемпературний СК; 10 – насос; 11 – бак-акумулятор низькотемпературного джерела тепла; 12 – обвідний трубопровід; I – контур циркуляції теплоносія; II – контур циркуляції холодоагента в ТН; III – контур подачі води з ґрунтового акумулятора в випарник ТН; IV – система утилізації сонячної енергії в НСК.

Всю систему можна розділити на 4-ри контури, а також виділити 4-ри режими роботи системи сонячного теплопостачання.

Конструктивними особливостями I-ого контуру є те, що в нього входять:

- бак-акумулятор;
- циркуляційний насос;
- подає теплопроводу;

- зворотний трубопровід;
- конденсатор теплового насоса.

До II-у контуру відносяться:

- конденсатор;
- дросель;
- випарник;
- компресор.

III-й контур включає в себе випарник.

Устаткування IV-ого контуру наступне:

- сонячний колектор;
- насос;
- бак-акумулятор;
- обвідний байпасний трубопровід.

Кожен контур має свою функціональну назву:

I-й контур в силу що включає в себе обладнання називається «контур циркуляції теплоносія»;

II-ой контур відомий, як контур циркуляції холодоагенту в тепловому насосі;

III-й контур характерний подачею води з ґрунтового акумулятора в випарник;

IV-й контур називається, як система утилізації сонячної енергії з сонячного колектора.

Принцип роботи сонячного теплового насоса полягає в наступному.

Нагрітий теплоносій, внаслідок відбору тепла отриманого при поглинанні сонячної енергії, надходить на випарник теплового насоса, де охолоджується.

Після цього охолоджений теплоносій, для подальшої циркуляції і нагріву, повертається назад в бак-акумулятор. Описувана послідовність в роботі сонячного теплового насоса можлива при нормальній сонячній активності. У разі ж зміни сезону,

погоди або часу доби процес буде інший. Різниця в тому, що теплоносій не буде проходити через сонячний колектор. Це обумовлено тим, що при проходженні теплоносія через байпасну лінію, а не через сонячний колектор, теплоносій уникає теплових втрат. Для забезпечення роботи сонячного теплового насоса в холодні пори року необхідно замінити акумулятор на ґрунтовий акумулятор. При надходженні на випарник холодоагент випаровується, що природно, враховуючи те, що тепло надходить від сонячного колектора низькопотенційне. Внаслідок пароутворення результуючі стислі пари надходять в компресор. Освічені пари мають температуру 80-85 ° С, що дозволяє нагрівати теплоносій I-ого контуру. Теплоносій нагрівається до 65 ° С і після тече в бак-акумулятор, звідки надходить на опалювальну територію.

Підвищення енергетичної ефективності досягається шляхом скорочення теплових втрат, що є наслідком з тотожності температур теплоносія в сонячному колекторі з температурами навколишнього середовища. Завдяки цьому, також зменшується потреба у великій площі поверхні, що покривається сонячними колекторами, що в результаті підвищує надійність, як самих сонячних колекторів, так і всієї системи сонячного теплопостачання (сонячного теплового насоса).

Для більшої деталізації і розуміння розглянемо принцип роботи сонячного теплового насоса, виділивши 4 режими:

1-ий режим.

У разі сприятливих кліматичних умов, також в місяці з хорошою, або підвищеною сонячною активністю в роботі сонячного теплового насоса беруть участь сонячні колектори. Відповідно при цьому режимі роботи нагріта вода за допомогою сонячного колектора безпосередньо подається в системи опалення, гарячого водопостачання (Рис. 1.7)

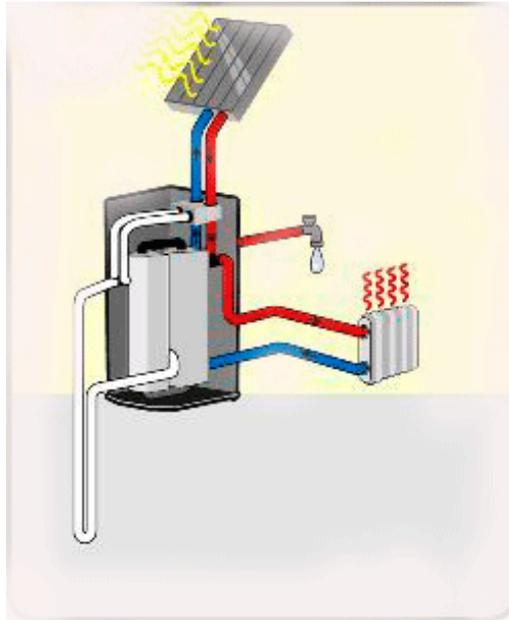


Рис. 1.7 Схема роботи сонячного теплового насосу у I режимі.

2-ий режим.

Природно, що для найбільш ефективної роботи сонячного колектора необхідні обсяги сонячної енергії. У разі ненавмисного зниження температури теплоносія при подачі становить нижче  $50^{\circ}\text{C}$  на виході з сонячного колектора, підвищення температури теплоносія буде відбуватися за допомогою підігріву на виході з ґрунтового контуру. (Рис. 1.8)

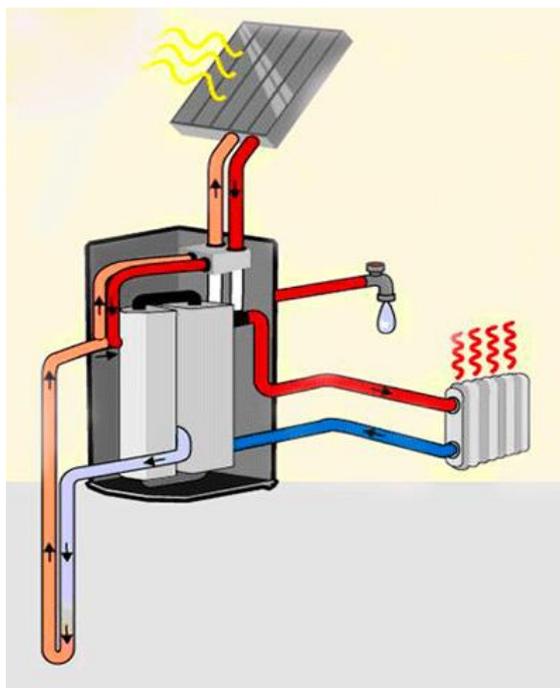


Рис. 1.8 Схема роботи сонячного теплового насосу у II режимі.

3-ий режим.

Цей режим обумовлений акумулюванням сонячної енергії прямо в ґрунті. Початкові умови схожі з другим режимом - зміна температури теплоносія на виході з сонячного колектора. Даний режим актуальний при температурах теплоносія понад 100 °С на виході з сонячного колектора, при відсутності споживання згенерованого тепла. У разі виникнення такої ситуації, теплоносій підігрівається на виході з ґрунтового контуру шляхом сонячної енергії в проміжному теплообміннику, після чого теплоносій подається в ґрунтовий теплообмінний апарат, в якому ми можемо простежити акумулювання сонячної енергії. (Рис. 1.9)

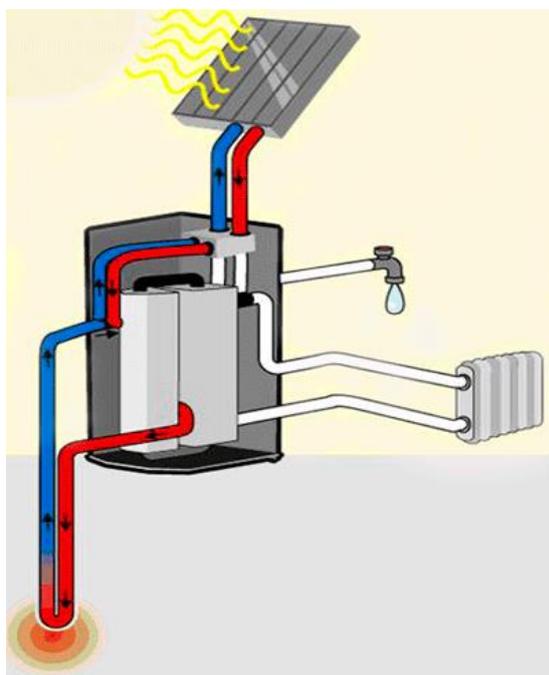


Рис. 1.9 Схема роботи сонячного теплового насоса у III режимі.

4-ий режим.

Даний режим передбачає роботу системи тепlopостачання в відсутності сонячної енергії. У такому випадку система буде функціонувати, як тепловий насос, де джерелом енергії є ґрунт. (Рис. 1.10)

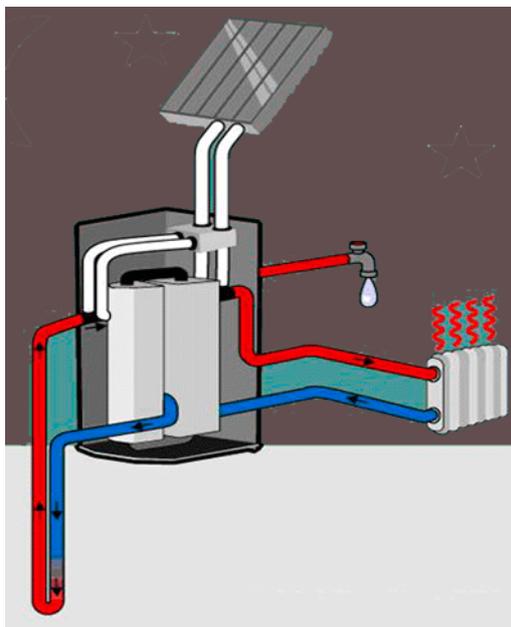


Рис. 1.10 Схема роботи сонячного теплового насосу у IV режимі.

## 1.5 Фанкойли, їх особливості та переваги для низькотемпературних систем та при використанні ВДЕ

На сьогоднішній день фанкойли є найкращою заміною радіаторам для ефективної роботи в низькотемпературних системах опалення з тепловими насосами типу ґрунт-вода.

Фанкойл - це пристрій, який охолоджує або нагріває повітря в приміщенні. Фанкойл - елемент цілої системи кондиціонування. Ще його називають вентиляторним доводчиком. Фанкойл складається з двох частин: вентилятора (fan) і теплообмінника (coil). Часто в доводчику є фільтр грубої очистки, щоб в пристрій не потрапляли великий пил, пух і інші забруднювачі. У сучасних моделях передбачений пульт дистанційного керування.

Принцип роботи фанкойла простий:

Вентилятор «забирає» повітря з приміщення і направляє його в теплообмінник.

Тим часом в теплообмінник потрапляє холодна або гаряча вода - в залежності від того, якої температури повітря Ви хочете досягти.

Вода в теплообміннику забирає або віддає тепло повітрю.

Потім повітря, охоложене чи нагріте, повертається в приміщення – вже потрібної температури.

Коли система налаштована на охолодження повітря, на теплообміннику виникає конденсат, який за допомогою насоса стікає в каналізацію або відводиться на вулицю.

Але звідки в теплообмінник потрапляє вода? Щоб її отримати, фанкойли потрібен додатковий агрегат. Для нагрівання повітря використовують як правило, тепловий насос.

## **1.6 Вихідні положення**

Дана магістерська робота присвячена системі опалення 4-х поверхового будинку в Вінниці.

Попередня інформація про систему опалення:

- будівельні документи для будівництва;
- плани поверхів;
- технічна документація на обладнання;

Ці системи призначені для наступних цілей:

- створити комфортні умови для людей, та їх постійного перебування;
- підвищення енергоефективності;
- енергетична незалежність;
- зниження витрат на опалення та електроенергію;
- довести економічну та технічну адекватність цих систем опалення в нашому регіоні.

## **1.7 Аналіз проектних особливостей системи опалення будівлі**

Водяне опалення використано в багатоповерховому міському будинку.

Охолоджуюча рідина - вода або антифриз. Холодоагент є проміжним продуктом, через який тепло передається від джерела тепла - поверхні радіатора, а від нього - до повітря.

В якості охолоджуючої рідини була обрана вода, оскільки її переваги перед іншими охолоджуючими рідинами включають:

- вода має більш високу теплопродуктивність, ніж повітря;
- Для перекачування води використовується менше електрики, ніж для повітря.

- Використання води в системах опалення в якості охолоджуючої рідини безпечніше, ніж використання пара.

Елементами системи підготовки гарячої води в будинку, підключеному до мережі опалення, є: блок підготовки охолоджуючої рідини, з'єднувальні труби, з'єднання, кришки і радіатори.

Залежно від розташування тепловиділяючого вузла (котла), труб і нагрівальних приладів водонагрівальної системи вони можуть бути центральними або місцевими (автономними). Якщо теплогенератор (котел) обслуговує кілька будинків, ці системи водяного опалення називаються системами центрального опалення. Якщо теплогенератор (котел) розташований в тому ж будинку, що й радіатори, це автономні системи водяного опалення.

У багатоповерхових житлових районах міст центральне водонагрівання зазвичай будується при будівництві приватних і сучасних котеджів - автономного водонагрівання.

Залежно від способу прокладки магістральних труб водонагрівальної системи існують горизонтальні і вертикальні труби, в залежності від способу з'єднання шарів - одинарна і подвійна труба. Залежно від розташування гілки подачі і повернення, горизонтальні і вертикальні системи можуть бути спроектовані з верхнім, нижнім і змішаним кабелями.

За методом циркуляції теплоносія опалювальні водонагрівальні системи завжди поділяються на гравітаційні і примусові (насосні). В даний час системи гравітаційного водяного опалення використовуються дуже рідко, коли немає надійного джерела енергії.

При будівництві сучасних квартир зазвичай використовуються системи водяного опалення з двома трубами з горизонтальним насосом, в яких труби укладаються в підлогу або на підставу. У зв'язку з необхідністю вимірювання теплової енергії, такі водонагрівальні системи мають пріоритет в наш час.

Розрахункова температура охолоджуючої рідини в лінії подачі водонагрівальної системи на виході з водонагрівальної системи складає не більше 95 °С, як правило, не менше 60 °С - для водонагрівальної системи з природною циркуляцією і не вище 80 °С - для системи механізованої водонагрівальної системи.

При розрахунку та встановлення системи водяного опалення слід пам'ятати, що загальна висота радіаторів повинна бути менше відстані між чистою підлогою і нижньою частиною віконного отвору. не менше 110 мм і довжиною не менше 0,9-0,5 мм по ширині віконного прорізу, під яким вони встановлені.

Радіатори на підводці повинні дозволяти установку термостатів або клапанів з ручним керуванням.

Передбачена установка запірних і зливних клапанів, щоб система і її окремі частини могли бути відокремлені і спорожнені.

У системах водяного опалення з більш низьким розведенням мережі для видалення повітря з радіаторів необхідно встановити ручне або автоматичне спорожнення крана.

Замість сталевих труб, які традиційно використовуються в системах опалення та гарячого водопостачання, все частіше використовуються мідні, полімерні та металопластикові труби.

Оскільки гідравлічний опір систем, зібраних з цих труб, значно нижче, можна збільшити швидкість охолоджуючої рідини, тобто забезпечити більший потік при тому ж поперечному перерізі труби.

Теплогенератори, звані просто котлами, використовуються для передачі теплової енергії від згорілого палива через теплообмінник охолоджуючої рідини, який, в свою чергу, циркулює через радіатори в системі і направляє до них навколишнє повітря.

По-перше, котли діляться залежно від палива або джерела енергії, з яким вони працюють: газові котли, твердопаливні котли, рідкопаливні і комбіновані, а також електричні котли.

## **1.8 Інформація про наявність сировини**

Система, яка використовується - низькотемпературна. Теплоносій - підготовлена вода, яка циркулює по магістралях (трубах) і віддає тепло в нагрівачі. Температура - 45-55 °С.

Ми встановлюємо системи опалення труб компанії PENAU металопластикові «NIBCO». Всі монтажні та пусконаладжувальні роботи обладнання виконуються фахівцями постачальника. Монтажні роботи повинні виконуватися на проектній основі.

У даній системі в якості теплообмінника використовується підлоговий фанкойл Mitsushito MFF4-150.

Характеристики фанкойлу Mitsushito MFF4-150[18]:

- Витрата води - 198 л/год
- Витрата повітря (максимальна швидкість) - 255 м<sup>3</sup>/год

Витрата повітря (максимальна швидкість) - 215 м<sup>3</sup>/год

Витрата повітря (максимальна швидкість) - 190 м<sup>3</sup>/год

- Кількість вентиляторів - 2
- Двигун вентилятора -3-х швидкісний з трьома рівнями шуму
- Рівень шуму - 32 дБ
- Напруга - 220 В
- Гідравлічний опір -18,3 кПа
- Фазність - 1
- Максимальний робочий тиск - 1,6 МПа
- Кількість теплообмінників - 2
- Висота - 572 мм
- Ширина - 800 мм
- Глибина - 212 мм
- Частота струму - 50 Гц

Монтажні роботи можуть бути організовані послідовним, паралельним або комбінованим методами.

## 1.9 Будівельні та технологічні рішення

Технологічні рішення визначаються наступними умовами: Нормативні вимоги - технічні документи щодо протипожежного захисту, охорони праці. На даху планується встановити сонячний колектор, який буде джерелом енергії для електрики, а ґрунтовий насос - сумісним джерелом енергії.

## 1.10 Техніко – економічне обґрунтування

### 1.10.1 Порівняння поточних витрат на опалення для населення за станом на жовтень 2025р. [2]

#### • Україна

Актуальні тарифи (2025 рік):

Газ – 7,96 грн за 1 м<sup>3</sup>

Електроенергія (нічний тариф) – 2,16 грн за 1 кВт·год

#### 1. Отримання тепла від газових котлів

Для звичайного чавунного підлогового котла з ККД = 0,82:

$1000 \times 9,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3 \times 0,82 = 7462 \text{ кВт}\cdot\text{год}$  тепла

Вартість 1000 м<sup>3</sup> газу:  $1000 \times 7,96 = 7960$  грн

Для сучасного конденсаційного котла з ККД = 1,05:

$1000 \times 9,1 \times 1,05 = 9555 \text{ кВт}\cdot\text{год}$  тепла

Вартість газу: 7960 грн

#### 2. Отримання такої самої кількості тепла за допомогою теплового насосу (COP = 4,5) — за нічним тарифом

Для 7462 кВт·год тепла (еквівалент звичайного котла):

$7462 / 4,5 = 1658 \text{ кВт}\cdot\text{год}$  електроенергії

Вартість:  $1658 \times 2,16 = 3581$  грн

Для 9555 кВт·год тепла (еквівалент конденсаційного котла):

$9555 / 4,5 = 2123 \text{ кВт}\cdot\text{год}$  електроенергії

Вартість:  $2123 \times 2,16 = 4586$  грн

#### 3. Економія (порівняно з газом — 4379 та 3374 грн)

$(7960 - 3581) / 7960 = 55\%$  економії

$(7960 - 4586) / 7960 = 42\%$  економії

#### • США (Вермонт)

1000 м<sup>3</sup> газу – 350 дол.

1 кВт·год електроенергії – 0,12 дол.

Економія: 27–43%.

### 1.10.2 Порівняння вартості та потужності теплового насоса з іншими типами опалення.

Вартість самого теплового насоса значно перевищує номінальну вартість газового котла, що втім не сильно змінить загальний кошторис при новому будівництві пристойного котеджу. Ціни практично порівнюються при необхідності будівництва 200-300 м газопроводу[5].

Таблиця 1.1 - Прогноз цін на природний газ:

Рік	2025	2030	2035	2040
Ціна за м <sup>3</sup> , В доларах	190	250	320	390

Таблиця 1.2 - Орієнтовна залежність необхідної теплопродуктивності теплового насосу від площі будинку з хорошими теплоізоляційними властивостями[5]:

Площа, м <sup>2</sup>	150	2	25	300	35	400
Потужність теплового насоса, КВт	5	8	12	16	21	24

У кожному конкретному випадку проводиться індивідуальний розрахунок за тепловтратами будинку. Для зменшення капітальних витрат часто ТН використовують в бівалентному режимі. Паралельно йому встановлюється, або при реконструкції залишається додатковий піковий нагрівач на будь-якому виді палива, який включається в роботу в найхолодніші дні, яких у нас не так вже й багато. За даними Гідрометеоцентру усереднена температура по Україні для січня - 4,8 ° С, для періоду

грудень - лютий -  $4,0^{\circ}\text{C}$ . У найхолодніший рік за всю історію спостережень вона склала -  $8,6 \dots - 5,7^{\circ}\text{C}$  в ті ж періоди.

При такому підключенні теплового насоса може або відключатися, якщо він стає неефективним (наприклад «повітря - вода» при великих негативних температурах зовнішнього повітря), або працювати.

Якщо джерело - водойма, на його дно вкладається петля з металопластикової або пластикової труби. По трубопроводу циркулює розчин гліколю (антифриз), який через теплообмінник теплового насоса передає тепло фреону.

Можливі два варіанти отримання низько потенційного тепла з ґрунту: укладання металопластикових труб в траншеї глибиною 1,2-1,5 м або в вертикальні свердловини глибиною 20-100 м. Іноді труби укладають у вигляді спіралей в траншеї глибиною 2-4 м. Це значно зменшує загальну довжину траншей. Максимальна тепловіддача поверхневого ґрунту становить  $50-70 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$  на рік. За даними зарубіжних компаній, термін служби траншей і свердловин складає більше 100 років.

### **1.10.3 Визначення найбільш доцільного варіанту системи опалення**

Щоб зрозуміти можливість установки теплового насоса, потрібно знати, скільки економить тепловий насос, коли він обігріває будинок.

Ціни на газ та електроенергію можуть змінюватися залежно від споживання, місця розташування та договірних умов з постачальником для різних споживачів. Тому вартість не в грошах, а в енергії. Для отримання річних витрат у гривнях кількість споживаних засобів масової інформації необхідно помножити на поточну норму.

Ваші ціни вказані на щомісячних рахунках-фактурах, що видаються постачальниками газу та / або електроенергії

У 2025 році вартість 1 кВт електроенергії (за умови тарифу на електричне опалення) становила  $3000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ . Місяць 2.16 грн за 1 кВт.

Ціна 1 куб. Лічильник газу становить 7.96 грн за 1 куб. Газ.

Результат показує, що в середньому є будинок площею 1800 кв. потребує  $316\,800 \text{ кВт} \cdot \text{год}$  тепла на рік. Це означає, що загальна теплота повинна надходити в будинок протягом одного року, щоб підтримувати комфортну кімнатну температуру  $+20^{\circ}\text{C}$  протягом усього року (сезону).

Якщо ви опалюєте такий будинок газом, газовий котел використовує в середньому 39600 куб. Газ на пер Рік. Для опалення тепловим насосом споживання електроенергії становить 79 200 кВт · год електроенергії на рік.

Якщо ми покажемо ці результати з урахуванням вищезазначених ставок, то отримаємо річну вартість опалення газовим котлом - 315216 грн та річну вартість опалення тепловим насосом – 171 072 грн.

За цих умов тепловий насос економить 144144 грн. Рік порівняно з газовим котлом. Це означає, що тепловий насос вартістю 300 000 грн буде прибутковим через 2 роки. Однак це той випадок, коли існуючий газовий котел замінюється тепловим насосом. Якщо у вас новий будинок і ви ще не доставили на місце газовий або газовий котел. У цьому випадку витрати на придбання газового котла та доставку газу на місце повинні враховуватися при розрахунку періоду відновлення теплового насоса.

Таким чином, період відновлення становить = (вартість придбання та встановлення теплового насоса - вартість встановлення газового котла - вартість газопостачання) / річна економія.

Для часткового обігріву житлового будинку на даху встановили сонячні панелі.

Для визначення рентабельності колекторів визначаємо вартість монтажу та їх компоненти.

Вартість сонячної системи на базі вакуумного колектора = 137 950,00 грн

У разі виходу з ладу теплового насоса споживана електроенергія становить приблизно 55 кВт·год за одну аварію. У разі поломки, бл. 10 аварій, споживання електроенергії, що випадає, становить 550 кВт·год.

Враховуючи ці дані, ми приводимо щомісячне власне споживання до 25 008 кВт·год, взимку — 850 кВт·год, а влітку — 300 кВт·год надлишкової електроенергії, виробленої електростанцією.

Тоді електроенергія, яку станція “компенсує” (власне вироблена частина):

$137\,628 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times \text{тариф } 2,16 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год} = 297\,276,48 \text{ грн.}$

У цьому випадку споживання електроенергії в мережі

$231,772.12 - 137.628 = 2.643.636 \text{ кВт} = 2.643.6 \text{ МВт.}$

Ціна цієї електроенергії для розрахунку передбачається постійною і становить 2.16 грн.

Тоді фінансування електромереж становить  $2643636 \cdot 2.16 = 5\,710\,253$  грн.

Загальна вартість електроенергії без використання колекторів:

$231,772.12,68 = 4,672,523,5$  грн.

Загальна вартість електропостачання з використанням колекторів:

$4441308 + 1290954 - 1354074 = 4378188$  гривень.

Порівнюючи два варіанти енергопостачання, було встановлено, що використання сонячних колекторів зменшує витрати на  $4,672,523,5 - 4,378,188 = 294,335,5$  грн.

Якщо ми поєднаємо ці дві системи, ми маємо відносно високі витрати на монтаж, але суттєве зниження споживання енергії в мережі та поєднання загальної незалежності опалення будинку.

## **Висновок до розділу 1**

Здійснено аналітичний огляд конструкційних рішень системи опалення. В результаті дослідження основних характеристик та пріоритетності в сучасних рішеннях відновлювальних джерел енергії виявлено, що для створення комфортних умов для постійного перебування та проживання людей, підвищення економічної та енергоефективності в зимовий період слід застосувати до монтажу систему опалення з фанкойлом та використанням металополімерних труб, як теплоносій використовується вода. Проаналізовано особливості використання комбінованої системи ВДЕ – сонячного теплового насосу.

Здійснено порівняння поточних витрат на опалення для населення станом на жовтень 2025 року та порівняння вартості та потужності теплового насоса з іншими типами опалення. З метою модернізації та економії енергоресурсів запроектована система опалення, що працює на комбінованій системі сонячному колекторі та тепловому насосі типу «грунт-вода» що з'єднанні в одну повноцінну систему. Результат показує, що в середньому є будинок площею 1800 кв. потребує  $316\,800$  кВт · год тепла на рік. Отримаємо річну вартість опалення газовим котлом –  $315\,216$  грн та річну вартість опалення тепловим насосом –  $171\,072$  грн.

Отже, при розрахунку ТЕО, визначаємо, що монтаж комбінованої системи є рентабельним.

## **2 ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРОЕКТНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ**

### **2.1 Вихідні дані:**

Об'єкт: 4-х поверховий житловий будинок з використанням комбінованої системи опалення та електропостачання з використанням відновлюваних джерел енергії для підвищення енергоефективності.

Розташування будинку: місто Вінниця.

Кліматичні характеристики поверхні будівлі:

Зона вологості будівлі нормальна.

Нормативна глибина промерзання ґрунту становить 0,9 м [3].

Середня температура зовнішнього повітря  $0^{\circ}\text{C}$  [3].:

Найхолодніший день, 0,98 - мінус 29 [3].

Те ж саме, 0,92 - мінус 26 [3].

Найхолодніший п'ятиденний період з рівнем достовірності 0,98 - мінус 25 [3].

Те ж саме, 0,92 - мінус 21 [3].

в період нагріву  $t = 1,4$ . [3].

Температурна зона – I [3].

Тривалість опалювального періоду з середньодобовою температурою повітря  $\leq 8^{\circ}\text{C}$ :  $n = 182$  дні. [3].

Структура зовнішньої стіни:

Кладка з цементно-піщаного розчину, цементно-піщана, теплоізоляція з мінеральної вати і вапняної штукатурки.

Тип будівлі: житлова

Система опалення - вода.

Джерелом тепла є сонячні колектори та тепловий насос

Кількість поверхів: 4, висота поверху - 3,3 м.

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

Кінцевою метою розрахунків тепла є визначення коефіцієнта тепловіддачі окремих захисних споруд будинку (зовнішні стіни, підлога до стелі, перекриття над підвалом, вікна).

Виберіть структуру кожної захисної конструкції (товщина покриття матеріалу) на основі  $R_0^п$ . Як правило, будь-яка безпечна конструкція повинна включати несучий шар (або шари) матеріалу і шар (або шари) утеплювача. Несучий шар матеріалу для стін – цегла (різної якості, з різними коефіцієнтами теплопровідності), а для перекриття – залізобетонні плити, теж різної теплотехнічної якості.

Тепловий опір обраної захисної конструкції  $R_0^ф$  не повинен бути нижчим за  $R_0^п$ , тобто  $R_0^ф \geq R_0^п$  [3]. Для цього обчисліть товщину шарів матеріалу, що складають захисну конструкцію. Товщину несучого шару на захисній конструкції вимірюють або виводять із умов несучості, а потім обчислюють її теплову міцність.

### 2.3 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Визначити необхідну товщину ізоляційного шару для зовнішньої стіни опалювального житлового будинку в Вінниці

Стіна зроблена з цегли.

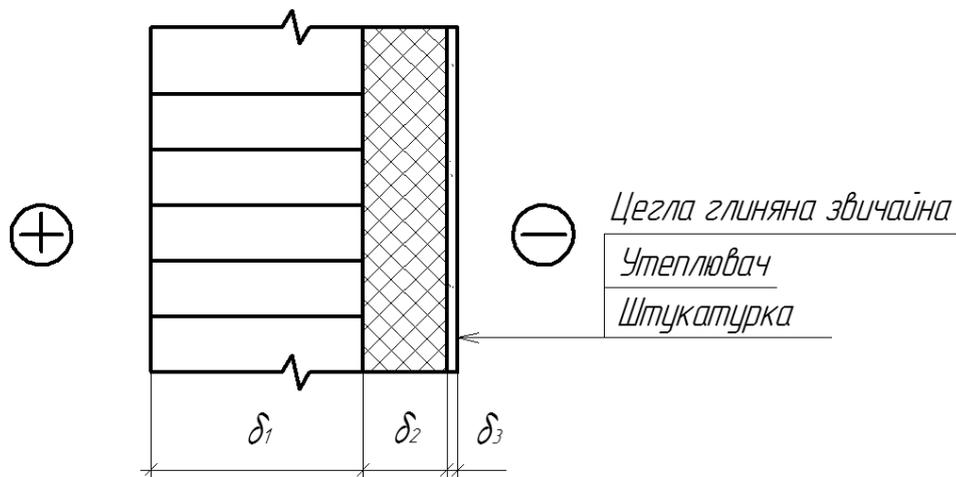


Рис. 2.1 – Схематичне зображення шарів стіни для розрахунку

Використовуючи формулу визначаємо термоопір цегли –  $R_ц$  [23].:

$$R_ц = \delta_ц / \lambda_ц, \quad (2.1)$$

де  $\delta_ц$  – товщина шару, м;

$\lambda_ц$  – коефіцієнт теплопровідності цегли, Вт/м °С;

Шар утеплювача прораховується аналогічно, тільки  $\delta$  та  $\lambda$  будуть  $\delta_y$  та  $\lambda_y$ .

З виразу 2.2 визначаємо фактичний термічний опір конструкції [23].:

$$R_0^ф = 1/\alpha_в + \delta_ц/\lambda_ц + \delta_y/\lambda_y + 1/\alpha_з + \delta_ш/\lambda_ш, \quad (2.2)$$

де  $1/\alpha_в$  – термічний опір теплосприйняття внутрішньої поверхні стіни,  $R_в$ ;

$\alpha_в$  – коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої поверхні стіни;

$\delta_ц/\lambda_ц$  – термічний опір шару цегли,  $R_ц$ ;

$\delta_y/\lambda_y$  – термічний опір шару утеплювача,  $R_y$ ;

$\delta_y$  – товщина шару утеплювача;

$\lambda_y$  – коефіцієнт теплопровідності утеплювача;

$1/\alpha_3$  – термічний опір тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни,  $R_3$ ;

$\delta_{ш}/\lambda_{ш}$  – термічний опір штукатурки;

$\delta_{ш}$  – товщина штукатурки;

$\lambda_{ш}$  – коефіцієнт теплопровідності штукатурки [1];

тобто, 
$$R_0^\phi = R_B + R_{ц} + R_y + R_3 + R_{ш}. \quad (2.3)$$

Визначаємо термічний опір шару утеплювача [23].:

$$R_y = R_0^\phi - (R_B + R_{ц} + R_3 + R_{ш}), \quad (2.4)$$

тоді 
$$\delta_y = R_y \cdot \lambda_y. \quad (2.5)$$

Запишемо розраховані теплові властивості будівельних матеріалів:

1-й шар – цегла звичайна глиняна

$$\rho_1=1800 \text{ кг/м}^3; \lambda_1=0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta_1=0,38 \text{ м.}$$

2-й шар – мінеральна вата:

$$\rho_2=80 \text{ кг/м}^3; \lambda_2=0,045 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta_1=x \text{ м.}$$

3-й шар – вапняно-піщаний розчин:

$$\rho_3=1800 \text{ кг/м}^3; \lambda_3=0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta_1=0,02 \text{ м.}$$

Згідно ДБН «Будівельна кліматологія» визначаємо, що м. Вінниця

знаходиться у I [5]. температурній зоні, отже  $R_0 = 4 \text{ (м}^2 \text{ К)}/\text{Вт}$ .

Для реального будівництва вираховуємо ширину шару утеплювача:

Теплостійкість 1-го шару стіни

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,38}{0,81} = 0,47 \text{ (м}^2 \text{ К)}/\text{Вт.}$$

Теплостійкість 3-го шару стіни

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,02}{0,93} = 0,022 \text{ (м}^2 \text{ К)}/\text{Вт.}$$

Потрібна теплостійкість утеплювача:

$$R_{yT} = 4 - (1/8,7 + 0,47 + 0,022 + 1/23) = 3,35 \text{ (м}^2 \text{ К)}/\text{Вт.}$$

Ширина його шару:

$$\delta_{yT} = R_{yT} \cdot \lambda_{yT} = 3,35 \cdot 0,045 = 0,15 \text{ м.}$$

Отже, беремо товщину утеплювача беремо:

$$\delta_{yt} = 0,15 \text{ м.}$$

$$\text{При перевірці: } R_{\Sigma пр} = R_b + R_1 + R_{yt} + R_3 + R_3 = 0.11494 + 0.47 + 3.35 + 0.022 + 0.04348$$

>4 отже шар утеплювача підібрано правильно.

## 2.4 Розрахунок горищного перекриття

Для житлового будинку у м. Вінниці визначаємо теплостійкість та необхідну ширину утеплювального матеріалу.

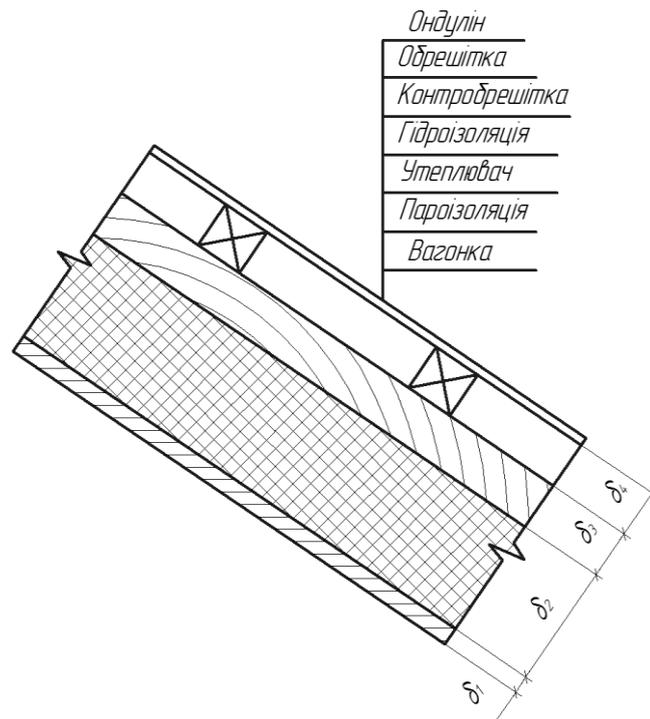


Рисунок 2.2 – Конструкція горищного перекриття.

Для будівельних матеріалів які використовуємо виписуємо дані:

1-й шар – вагонка дерев'яна:

$$\delta_1 = 0,03 \text{ м; } \lambda_1 = 0,35 \text{ Вт/(м·К);}$$

2-й шар – плити пінополістерольні:

$$\delta_2 = x \text{ м; } \lambda_2 = 0,034 \text{ Вт/(м·К);}$$

3-й шар – контробрешітка:

$$\delta_3 = 0,04 \text{ м; } \lambda_3 = 0,35 \text{ Вт/(м·К);}$$

4-й шар – обрешітка:

$$\delta_4 = 0,05 \text{ м; } \lambda_4 = 0,35 \text{ Вт/(м·К);}$$

Для даного будівництва розраховуємо товщину шару утеплювача. Теплостійкість рахуємо згідно формули 1.1.

Теплостійкість 1-го шару:

$$R_1 = \frac{0,02}{0,35} = 0,085 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт.}$$

Теплостійкість 3-го шару:

$$R_3 = \frac{0,04}{0,35} = 0,114 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт.}$$

Теплостійкість 4-го шару:

$$R_4 = \frac{0,05}{0,35} = 0,143 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт.}$$

Термічний опір утеплювача визначаємо за наступною формулою:

$$R_{ут} = R_0 (R_B + R_1 + R_3 + R_4 + R_3),$$

$$R_{ут} = 4,95 - (1/8,7 + 0,085 + 0,114 + 0,143 + 1/23) = 4,44 \text{ (м}^2 \text{ К)/Вт.}$$

Товщина шару утеплювача, яка необхідна:

$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут} = 4,44 \cdot 0,034 = 0,15096 \text{ м.}$$

Отже шар утеплювача приймаємо  $\delta_{ут} = 0,15 \text{ м}$

Отже:

$$R_{\Sigma пр} = R_B + R_1 + R_{ут} + R_3 + R_4 + R_3 = 6,5 > 4,95, \text{ розрахунок виконано вірно.}$$

## 2.5 Розрахунок перекриття першого поверху

Для перекриття перших поверхів без підвалу нормативний термічний опір для I – II температурної зони становить

$R_{пер}^{норм} = 3,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/ Вт}$  ; коефіцієнти тепловіддачі  $\alpha_{вн} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$  і від перекриття до повітря підвалу  $\alpha_{зн} = 6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$

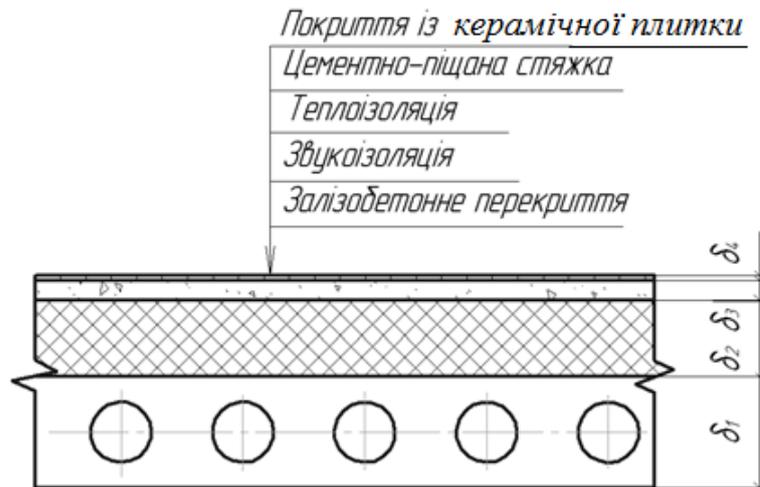


Рисунок 2.3 – Схема перекриття першого поверху.

Розрахунок горищного перекриття проводимо відповідно.

Теплотехнічні характеристики матеріалів визначаємо з ДБН «Теплова ізоляція будівель»

1-й шар – залізобетонне перекриття:

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

2- й шар – пінополістирольні плити

$$\delta_2=x \text{ м}; \lambda_2=0,043 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К});$$

3- й шар – цементно-піщана стяжка

$$\delta_3=0,04 \text{ м}; \lambda_3=0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К});$$

4- й шар – Керамічна плитка

$$\delta_4=0,01 \text{ м}; \lambda_4=1.1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К});$$

Теплостійкість 1-го шару:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,115 \text{ (м}^2 \text{ К)}/\text{Вт}.$$

Теплостійкість 3-го шару:

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,04}{0,7} = 0,057 \text{ (м}^2 \text{ К)}/\text{Вт}.$$

Теплостійкість 4-го шару:

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,01}{0,29} = 0,009 \text{ (м}^2 \text{ К)}/\text{Вт}$$

Визначаємо необхідну теплостійкість шару утеплювача:

$$R_{yT} = R_0 - (R_B + R_1 + R_3 + R_4 + R_3),$$

$$R_{yT} = 3,75 - (1/8,7 + 0,115 + 0,057 + 0,009 + 1/12) = 3,37 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт.}$$

Необхідна товщина шару утеплювача

$$\delta_{yT} = R_{yT} \cdot \lambda_{yT} = 3,37 \cdot 0,04 = 0,13 \text{ м.}$$

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

Виконаємо перевірку:

$R_{\Sigma пр} = R_B + R_1 R_{yT} + R_3 + R_3 = 1/8,7 + 0,115 + 0,15/0,04 + 0,057 + 0,009 + 1/12 = 4,12 > 4$  отже розрахунок і підбір утеплювача виконані вірно.

## 2.6 Розрахунок тепловтрат приміщень

Система опалення повинна компенсувати всі втрати тепла в будинку через захисну конструкцію і нагрівати холодне зовнішнє повітря, що надходить в приміщення, через різних витоків (проникнення) захисної конструкції.

Втрати тепла через структуру оболонки визначаються тільки в тому випадку, якщо різниця температур на іншій стороні структури перевищує  $5^\circ \text{C}$ .

Загальні теплові втрати складають додаткові та головні [24].:

$$Q_3 = Q_{\Gamma} + Q_{\text{д}}. \quad (2.6)$$

Розрахунок тепловтрат виконують з точністю до 5 Вт по окремих приміщеннях..

Сходові клітки позначаються літерами – А, Б, В тощо.

Одержаними даними заповнюються відповідні графи розрахункової відомості, форма якої приведена в таблицях 2.1-2.2.

Умовне позначення захисних конструкцій в таблиці 2.1: ЗС – зовнішня стіна; В – вікно з одинарним склінням; ВД – вікно з подвійним склінням; ВТ – вікно з трійним склінням; СТ – стеля; ПІД – підлога; Д – двері; ДД – подвійні двері.

Орієнтація: ПН – північ; ПД – південь; З – захід; С – схід; ПНЗ – північний захід; ПНС – північний схід; ПДЗ – південний захід; ПДС – південний схід.

Визначаємо головні тепловтрати [24].:

$$Q_{\Gamma} = 1/R_0^{\phi} \cdot F \cdot (t_b - t_3) \cdot n, \quad (2.7)$$

де  $F$  – теплопередавальна поверхня захисної конструкції,  $\text{м}^2$ ;

$R_0^{\phi}$  – повний фактичний термічний опір захисної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

$t_b$  – розрахункова температура внутрішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ , [4] і [5];

$t_3$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ [2], приймається середня температура найбільш холодної п'ятиденки, додаток А[1];

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

Результати розрахунку тепловтрат першого та другого поверху наведено в додатку Б.

## **2.7 Моделювання гідравлічних режимів та визначення їх основних параметрів та характеристик**

### **2.7.1 Конструювання системи опалення**

У планах будинку є стояки та обігрівачі. Стояки знаходяться у сан. вузлах.

Стояки намальовані у вигляді кіл на плані і пронумеровані за годинниковою стрілкою від верхнього лівого кута будинку. Двотрубна система відображає вертикальні стрічки, які живлять пристрої.

Нагрівачі використовуються для планів у вигляді прямокутників. Після застосування радіаторів і труб до плану будинку, створіть аксонометрическую схему опалення для першого і другого поверху, а також аксонометрію вертикального розведення в масштабі 1: 100. Поставки на пристрої здійснюються в такому масштабі, на якому виконується вся схема системи.

### **2.7.2 Вибір опалювальних приладів**

Для опалення будинку застосовують двотрубну систему опалення з нижньою розводкою, яка підключається до фанкойла. Марка обігрівальних приладів Mitsushito. Тип підібраних фанкойлів наведено у додатку Б.

Залежно від тепловтрат приміщень обираємо необхідну теплопродуктивність фанкойлу.

### **2.7.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів опалення**

Гідравлічні розрахунки обмежуються визначенням оптимального діаметру труби в кожній секції циркуляційних кілець.

Розрахунки починаються з найменш сприятливого кільця, а саме з кільця, яке перетинає найвіддаленіший прилад або найзавантаженіший прилад (з відповідним рухом).

Обраний кільце ділиться на розділи. Постійне кількість води тече через кожен секцію, і краю розрізу знаходяться в точках, де потік змінюється.

Для попереднього вибору діаметра труби в зоні розрахункового циркуляційного кільця необхідно знати середнє припустимий питомий тиск потоку води в зоні  $G$ , витрата на  $\text{кг} / \text{год}$  і  $1 \text{ м}$ ,  $\text{Па} / \text{м}$ .

Витрата води визначається за рівнянням [24].:

$$G = 0,86 \cdot Q / \Sigma l, \quad (2.8)$$

де:  $Q$  – теплове навантаження ділянки циркуляційного кільця,  $\text{Вт}$ ;

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

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

За виразом 2.9 визначаємо  $R_d$ : [24].:

$$R_d = 0,5 \cdot P / \Sigma l, \quad (2.9)$$

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

За допомогою номограми (додаток В) використовуючи дані витрати і швидкість води в діапазоні ( $G$ ,  $\text{кг} / \text{год}$ ,  $V$ ,  $\text{м} / \text{с}$ ), визначаємо діаметр труби і питома витрата через тертя на  $1 \text{ м}$  вказуємо дані у таблицю.. Визначаємо тиск. В даному випадку фактична втрата тиску через тертя не повинна перевищувати дозволеного середнього, і швидкість води повинна бути прийнятною.

Падіння тиску в місцевих опорах визначаємо за формулою [24].:

$$Z = \Sigma \xi \cdot h_w, \quad (2.10)$$

де:  $\xi$  – коефіцієнт місцевого опору [1];

$h_w$  – динамічний тиск.

Суму коефіцієнтів місцевих опорів  $\Sigma \xi$  визначають для ділянки і записують в додаток.

Коефіцієнт місцевого опору наведено в таблиці [1].

На аксонометричній схемі зображено моделювання гідравлічних розрахунків.

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

### 2.8.1 Підбір балансувальних клапанів

Згідно втрат тиску підбираємо балансувальні клапани (БК). Влаштуємо їх на відгалуженнях та на стояках. Усі клапани беремо згідно діаграми ГЕРЦ-TS-90-V [28].

Таблиця 2.2 – Підбір балансувальних клапанів

№ п/п	Відгалуження	Назва балансувального клапана	Витрата, кг/год	Втрати тиску, Па	Пропускна здатність, $k_v$	К-ть, шт
1	2	3	4	5	6	7
1	Стояк №1	ГЕРЦ-TS-90-V	2283	259818	1	1

### 2.8.2 Підбір циркуляційних насосів

Для системи опалення підбираємо два циркуляційних насоси, один з яких робочий інший резервний. Приймаємо до встановлення насоси DAB ВРН 120/280.50 М згідно каталогу насосів [14]

Технічні параметри даного насосу:

- Витрата – 5,5 м<sup>3</sup>/год
- Напір – 53 кПа.
- Мінімальний тиск на вході – 0,203 бар
- Діапазон температур навколишнього середовища – -10°С /+110°С)
- Пропускна здатність – 29.0 м<sup>3</sup>/год
- Рівень шуму – не більше 35 Дб
- Класс захисту IP 42

## 2.9 Проектні розрахунки по вибору потужності сонячних колекторів

Обсяги виробленої енергії сонячним колектором безпосередньо залежать від декількох параметрів, серед них:

рівень сонячної інсоляції в регіоні експлуатації пристрою;

площа поглинання приладу;

ККД колектора;

кут нахилу панелей до сонячного випромінювання.

Площа поглинання:

Візьмемо стандартні сонячні колектори з вакуумними трубками, що мають параметри [15]:

довжина – 2,0 м;

зовнішній діаметр - 0,056 м.

Хорошими поглинаючими властивостями володіють вакуумної трубки з тришаровим покриттям (спосіб нанесення: реактивне DS напилення, матеріал: композит - нержавіюча сталь, мідь, алюміній).

В першу чергу перевіримо відповідність паспортних та реальних значень площі поглинання колектора. Наприклад, в документації на модель, що складається з 20 вакуумних трубок, вказується величина поглинає площі – 3,6 м<sup>2</sup>. Так як трубка має форму циліндра, то площа її бічної поверхні визначимо за відомою формулою:

$$S = \pi \times H \times D,$$

де H - висота трубки, м;

D - діаметр трубки, м;

$$\pi = 3,14.$$

$$S = 3,14 \times 2,0 \times 0,056 = 0,351 \text{ м}^2.$$

Після округлення отримуємо площа однієї трубки дорівнює 0,35 м<sup>2</sup>, відповідно всіх 15 трубок складе - 0,35 x 20 = 7 м<sup>2</sup>.

Справа в тому, що скляні трубки колектора здатні перетворювати сонячну енергію в тепло всією своєю поверхнею, але найефективніше дане перетворення відбувається на освітленій стороні колектора. Тому для визначення площі поглинання необхідно розділити загальну площу скляних трубок на 2. Разом: 7 / 2 = 3,5 м.

Паспортна величина площі поглинання, як ми вже відзначали, становить 3,6 м<sup>2</sup>. Це пояснюється тим, що виробник вказує дану величину з урахуванням факторів, що знижують світлопоглинаючу здатність виробу (частина трубки закривається фіксатором - кріпленням до рами, а ще певна частина вставляється в бак колектора).

### Методика розрахунку:

У технічній документації до сонячних колекторів виробники вказують значення саме площі поглинання.

Виходячи з паспортних даних площа поглинання, про яку йдеться для всього колектора (що складається з 20 трубок) можна визначити яка площа поглинання однієї скляної трубки:  $3,6 / 20 = 0,18 \text{ м}^2$ .

Тепер можна знайти необхідну кількість трубок, що утворюють  $1 \text{ м}^2$  площі колектора. Визначення даного значення необхідний з тієї причини, що всюди величина сонячної енергії наводиться саме з розрахунку на  $1 \text{ м}^2$ . отримуємо:  $1 \text{ м} / 0,18 \text{ м}^2 = 5,55$ .

Іншими словами  $1 \text{ м}^2 = 6$  вакуумних трубок колектора.

Щоб визначити, скільки трубок повинен містити сонячний колектор для вироблення необхідної кількості теплової потужності, необхідно знати величину теплової потужності 1 трубки. Її знаходимо за формулою:

Потужність 1 трубки (річна) = Площа поглинання 1 трубки x інсоляцію  $1 \text{ м}^2$  для даного регіону (річну) x ККД колектора. [15].

З таблиці беремо значення середньодобової інсоляції для Вінниці:

Місяць	Січ	Лют	Бер	Квіт	Трав	Черв	Лип	Серп	Вер	Жовт	Лист	Груд	Всього
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,3	5,16	4,68	3,21	1,97	1,10	0,9	3,11

Знайдемо місячну сонячну активність для даної території (беремо 30 днів у місяці) [15].:

Місяць	Січ	Лют	Бер	Квіт	Трав	Черв	Лип	Серп	Вер	Жовт	Лист	Груд
Вінниця	32,1	56,1	88,5	118,8	157,5	156,6	157,5	140,1	93,6	58,2	30,6	25,8

Тоді річна інсоляція  $1 \text{ м}^2$  для Вінниці складе:  $1115,4 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ .

Отже:

Річна потужність 1 трубки =  $0,18 \times 1115,4 \times 0,95 = 190,7 \text{ кВт}$ .

Теплова енергія, що виробляється  $1 \text{ м}$  сонячного колектора в рік, складе:  $191 \times 7 = 1337 \text{ кВт}$ .

Розглянутий колектор поглинає площею  $3,6 \text{ м}^2$  виробляє:  $1337 \times 3,6 = 4813,2 \text{ кВт} = 4,813 \text{ МВт}$ .

Таким чином, при використанні в Вінниці сонячного колектора, що складається з 20 скляних трубок площею 3,6 м<sup>2</sup> і ККД = 0,95, в середньому в день можна отримати:

$$4813,2 \text{ кВт} / 365 = 13,1 \text{ кВт.}$$

Всесезонна геліосистема на основі вакуумного сонячного колектору буде складатися з 4 таких колекторів. Отже в день даною установкою можна буде отримати 52,4 кВт.

Загалом повноцінна установка буде складатися з [17].:

4 вакуумних колектора Атмосфера СВК-А 30 з комплектом кріплень, відведення повітря Caleffi,

одноконтурна сонячна станція BRV S1 Solar 1 3/4 "з регулятором і насосом Wilo Star 25/6,

одноконтурний бак-накопичувач Атмосфера TRM на 500 літрів, розширювальний бак Zilmet 80 л,

Протиопіковий термостатичний змішувач BRV,

теплоносій Тепро 30-П Солар,

контролер управління сонячною системою СК868С9.

Також для системи використовуються:

- Теплоаккумулятор - бак призначений для накопичення теплової енергії, зберігання та передачі теплоносія користувачу в потрібній кількості, за допомогою кімнатного термостата. Теплоаккумулятори забезпечують безпечну роботу опалювальних систем, запобігають закипанню теплоносія при відключенні електропостачання.

Теплоаккумулятор ЕкоЕнергія АБ -800л :

Вага - 108.0 (кг)

Габаритні розміри:

Діаметр (без ізоляції) - 800.0 (мм)

Висота - 1550.0 (мм)

Споживач СК728С1 на 10 гідравлічних схем.

### **Підбір теплового насосу:**

При виборі вертикального колектора, бурять свердловини глибиною від 20 до 100 м.

У них занурюються U-образні металопластикові або пластикові труби. Для цього в

одну свердловину вставляється дві петлі, які заливається цементним розчином.

Питома теплоємність такого колектора становить 50 Вт / м.

Для більш точних розрахунків застосовують такі дані:

сухі осадові породи - 20 Вт / м;

кам'янистий ґрунт і насичені водою осадові породи - 50 Вт / м;

кам'яні породи з високою теплопровідністю - 70 Вт / м;

підземні води - 80 Вт / м.

На глибинах понад 15 м, температура ґрунту становить приблизно + 10 ° С.

Необхідно враховувати, що відстань між свердловинами повинна бути більше 5 м.

Якщо в ґрунті існують підземні течії, то свердловини необхідно бурити перпендикулярної потоку.

Потужність контурів ґрунтового теплообмінника теплового насоса обчислюється щодо потужності і COP обраного теплового насоса за формулою:

$$P_e = P_n * (1 - 1 / COP), \text{ кВт}$$

де  $P_n$  - номінальна потужність теплового насоса;

COP - коефіцієнт перетворення.

Розрахунок застосовують для одного з режимів відповідно до стандарту EN 14511 (зазвичай приймають точку B0 / W35, де 0 ° С - температура теплоносія на вході у випарник, 35 ° С - температури подачі в систему опалення). Як зразок візьмемо тепловий насос Nibe F1145-10 з параметрами при B0 / W35: потужність - 9,95 кВт і COP - 5,03.

$$P_e = 22,5 * (1 - 1 / 4,42) = 17,40 \text{ кВт}$$

Таблиця 2.3 – Характеристики теплового насосу

Модель NIBE F1345-	60
Споживана електрична потужність* (B 0 / W 35)	2 x 2.52 кВт
Вироблена тепла потужність* (B 0 / W 35)	22.5 (2 x 11.3) кВт
COP при B0/W35 по євростандарту EN14511	4,42
Електропостачання	380 В (3-фазы)
Холодоагент	R407C
Кількість холодоагента	2 x 2,2 кг
Максимальна середня температура опалення, подача / обратка	65/58 °С
Висота без регульованих ніжок (30 - 50 мм)	1800 мм
Ширина	600 мм

Необхідна довжина горизонтального теплообмінника теплового насоса, дорівнює відношенню необхідної потужності до потужності одного метра труби:

$$L = P_e / q$$

$$L = 17,40 / 0,5 = 348 \text{ м}$$

Для пристрою колектора необхідно пробурити три свердловини глибиною по 75 м. У кожній з них розміщуємо по дві петлі з металопластикової труби всього - 6 контурів по 150 м.

При відомій площі будівлі та довжині скважин для влаштування вертикальних зондів, приймаємо тепловий насос з відповідними характеристиками який забезпечить роботу даної системи: NIBE F1345-60 [21].

## **Висновок до розділу 2:**

У даному розділі на підставі теоретичних даних виконано теплотехнічний та гідравлічний розрахунки для об'єкту: 4-х поверховий житловий будинок з використанням комбінованої системи опалення та електропостачання з використанням відновлюваних джерел енергії для підвищення енергоефективності, розташований у місті Вінниця.

Тепловтрати будинку, для якого проектується система опалення, становить 85 988 Вт.

Підібрано фанкойли Mitsushito MFF4-150.

Підібрано до встановлення циркуляційні насоси DAB BPH 120/280.50 M.

Підібрано балансувальний клапан ГЕРЦ- TS-90.

Розраховано геліосистему, яка складається з:

- 4 вакуумних колектора Атмосфера СВК-А 30 з комплектом кріплень,
- відведення повітря Caleffi,
- одноконтурна сонячна станція BRV S1 Solar 1 3/4 "з регулятором і насосом Wilo Star 25/6,
- одноконтурний бак-накопичувач Атмосфера TRM на 500 літрів,
- розширювальний бак Zilmet 80 л,
- протиопіковий термостатичний змішувач BRV,
- теплоносій Тепро 30-П Солар,
- контролер управління сонячною системою СК868С9,
- теплоакумулятор ЕкоЕнергія АБ -800л,
- поживач СК728С1.

Також, підібрано тепловий насос NIBE F1345-60.

## **3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ**

### **3.1 Вихідні дані**

Ми розробляємо технологію встановлення системи опалення в житловому будинку у Вінниці.

Система опалення призначена для підтримки оптимальної температури для людей та обладнання.

Вихідними даними для виконання монтажних робіт є:

- аксонометрична схема з вказаними діаметрами (Аркуш 2);
- гідравлічні опори;
- схема системи опалення на плані цеху, в якій наведені радіатори, які мають встановлюватись на даній ділянці (Аркуш 1).

Система опалення складається з:

- двох електричних водогрійних котлів;
- мережі подавальних та зворотних трубопроводів;
- компенсаторів;
- фанкойлів;
- грязьовиків
- запобіжних клапанів;
- балансувальних клапанів
- кранів кульових

Тепловий насос складається з:

- Зонди
- U-повороти для геотермальних зондів перевірені тиском 16 Бар
- Розподільчі колектори
- Компресійні чи дифузійні муфти для з'єднань
- Бачок рівня незамерзаючої рідини.

Геліосистема складається з:

- вакуумних колекторів з комплектом кріплень,
- пристрою для повітровідведення,
- одноконтурної сонячної станції

- регулятора
- насоса,
- одноконтурний бака-накопичувача на 800 літрів,
- розширювальний бак 80 л,
- протиопіковий термостатичного змішувача ,
- теплоносія,
- контролера управління сонячною системою.

### **3.2 Отримання об'єкту під монтажні роботи.**

Перед початком монтажних робіт об'єкт приймається відповідно до закону про встановлення, підписаним представником генерального підрядника, що виконує будівельні роботи. Об'єкт або його частина приймаються до установки після закінчення будівельних робіт: готові підлоги, сходи, внутрішні стіни і перегородки.

До приймання об'єкта для установки повинні виконуватися роботи і компоненти, встановлені законом:

1) Гіпсові ніші та стінові секції в місцях, де встановлені радіатори і прокладені труби.

2) Монтажні отвори готові для переміщення великогабаритних приладів, які підлягають встановленню.

3) Помічені на стінах фарбою, яку важко мити, прибрати сліди паркету.

4) Встановіть віконні коробки і підвіконня.

5) Підготовлено фундаменти для резервуарів для води, встановлені фундаменти для котлів, насоси.

6) Лінії електропередач включені для підключення електричних механізмів і інструментів.

7) Поставка освітлення для робочих місць, доступ до них робітників і можливість доставки матеріалів і устаткування для установки.

8) Ліси підготовлені на будівельних лісах для роботи.

На додаток до вимог, зазначених для підготовки системи до установки до початку робіт, повинно бути передбачено місце для зберігання матеріалів,

санітарних блоків і обладнання. Ви також повинні зберігати невеликі матеріали, інструменти та інвентар. Після приймання, на об'єкт у відповідності до проекту виконання робіт, встановлюються:

- а) кріпильні пристрої та механізми;
- б) допоміжні матеріали;
- в) відділи закупівель;

У цій магістерській роботі було розроблено технологію встановлення двоохрубною системи опалення.

Вода використовується як теплоносія. Металополімерні труби, встановлені на стінах і настінних шторах при використанні опалювальних приладів. Система працює за рахунок примусової циркуляції холодильника.

Основна перевага цієї системи полягає в тому, що двохтрубна система опалення забезпечує рівномірний розподіл теплоносія в мережі, оскільки гарантується точне розташування труб опалення в приміщеннях.

Недоліком є велика витрата матеріалу в системі, що призводить до збільшення витрат на оплату праці.

При монтажі системи опалення встановлюються поліпропіленові труби розміром 14-40 мм. Вентиляторні котушки оснащені функціями, наведеними в Додатку В. У філії встановлений балансовий клапан [1].

Діаметри бурових труб були отримані за результатами гідравлічних розрахунків залежно від швидкості та швидкості потоку холодоагенту. Компенсації розміщуються там, де компенсація неможлива і існує ризик виходу з ладу через теплового розширення труб.

Вимоги до монтажу трубопроводу.

Для встановлення систем опалення з металополімерних труб, які подають холодну воду до біметалічних радіаторів, встановлені наступні вимоги:

1. Трубопровідні з'єднання повинні бути можливими;
2. Вирізані форми слід відкалібрувати та очистити;
3. Трубопроводи повинні бути досить міцними, щоб забезпечити вагу трубопроводу та можливе фізичне навантаження;
4. Монтаж систем через будівельні конструкції слід проводити за допомогою інструменту із внутрішнім діаметром 0,5-1 см, а не за аналогічним параметром

труби. Простір між елементами повинен бути заповнений м'яким негорючим матеріалом, який дозволяє трубі рухатися в довгому напрямку;

5. При установці металопластикових сантехнічних або опалювальних систем слід бути обережними, щоб не пошкодити поверхню елементів, включаючи цвяхи або порізи. Щоб відкрити бухту, краще уникати минулого і позначити конструкцію олівцем або фломастером;

6. Установка конструкції зазвичай може бути виконана за допомогою підставки або підвісного браслета від виробників металевих труб. Допомагає приклеїти виріб до стіни, металеві деталі поміщають у ємності з м'якого матеріалу;

7. При з'єднанні металопластикових труб слід зробити один крок між затискачами довжиною не більше одного метра.

Порядок розміщення металополімерних труб:

1. Піднесіть і видаліть вузли на платформу для деталей зведеної збірки та трубопроводів - Установка металевих полімерних труб виконується в три етапи: а) розрізання труби під кутом 90 °; (b) камера знімається з зовнішньої частини трубки за допомогою калібратора; в) труба встановлена в пристрої; г) від сполучних плит.);

2. Визначте місця трубопроводів.

3. Встановіть опорні конструкції та підвісні конструкції.

Перед встановленням слід:

1. обертання вузлів відповідно до умов місцевого розміщення в аксонометричній схемі або в схемі складання системи опалення;

2. Визначте порядок розміщення гуртків.

3. Приєднайте положення щогли до запланованих будівельних конструкцій.

4. знати місце розташування, встановлення знарядь, блоків, кабелів, ліфтів;

Отримання об'єкта для монтажних робіт.

Об'єкт або його частина буде прийнята для розміщення в кінці будівельних робіт: добудова нерухомості; Будівництво стін і відсіків з повітропроводами.

Перед початком монтажних робіт система повинна бути затверджена на будівельно-монтажні роботи.

Перед прийманням об'єкту під монтаж повинні бути виконані наступні роботи які фіксуються актом:

- улаштування перекриттів стін і перегородок, на яких встановлюються і кріпляться прилади, стояки і підведення;
- улаштування опорних конструкцій під обладнання (котли);
- установка передбачених проектом закладних деталей і опорних конструкцій для кріплення устаткування, трубопроводів;
- установка віконних коробок і підвіконників;
- підготовка монтажних проємів в стінах і перекриттях;
- підготовка отворів, борозен і ніш в перегородках, необхідних для прокладання трубопроводів;
- підготовлені чистої підлоги або смуги чистих підлог в місцях установки опалювальних приладів;
- завершення вікон в зовнішніх огорожуваннях і утеплення входів і отворів (до початку опалювального сезону).

Після приймання, на об'єкт у відповідності до проекту виконання робіт, встановлюються:

- а) монтажні пристосування та механізми;
- б) допоміжні матеріали;
- в) заготівельні вузли;

Роботи, що виконуються в процесі монтажу:

1. Доставка деталей і обладнання до місця монтажу, [39];
2. Розмітка, [39];
3. Пробивання гнізд та отворів в стінах, [39];
4. Прокладання металополімерних трубопроводів d 16x2 мм, [28];
5. Прокладання металополімерних трубопроводів d 20x2 мм, [28];
6. Монтаж сонячних колекторів Атмосфера СВК А-30, 4 шт [15]
7. Прокладання земляного контуру, буріння свердловин, 150 м [35]
8. Монтаж теплового насосу NIBE [35]
9. Монтаж фанкойлів, [38];
10. Встановлення балансувальних клапанів, [25];
11. Встановлення кранів кулькових на трубопроводах, [28];
12. Встановлення грязьовиків, [28];
13. Влаштування запобіжних клапанів, [28];

14. Встановлення контрольно-вимірювальних приладів, [28];
15. Гідравлічне випробування трубопроводів системи, [28];
16. Замащування отворів та гнізд, [39];
17. Вивезення деталей , обладнання і будівельного сміття з місця монтажу, [39].

Вимоги до монтажу теплових насосів:

- оптимальний вибір місця для розміщення;
- правильна орієнтація в просторі установки, виділення приміщення для вдалого р
- розташування теплового насоса;
- виконання робіт для ґрунтового контуру
- облаштування котельні з тепловим насосом

### 3.3 Визначення складу і об'ємів робіт

Об'єм робіт по монтажу системи опалення виконується на основі плану цеху (Аркуш 1), аксонометричної схеми системи опалення (Аркуш 2), гідравлічного розрахунку системи (Додаток С)

Визначення складу і об'ємів робіт для монтажу системи опалення.

Визначення об'ємів робіт для монтажу системи опалення:

Доставка деталей на робочий майданчик. Одиниці вимірювання – 1т. Загальна вага усіх деталей 3016 кг (3,0 т).

Приймаємо об'єм  $V=3$ .

Пробивання гнізд та борозд в бетонних конструкціях. Одиниця виміру – 100шт.  $V=0,4$ .

Пробивання гнізд та отворів в цегляних стінах. Одиниця виміру – 100 шт.  $V=0,4$ .

Встановлення циркуляційного насоса. Одиниця виміру – 1 шт.  $V=1$ .

Встановлення розподільчих гребінок. Одиниця виміру – 1 шт.  $V=30$ .

Встановлення фільтрів. Одиниця виміру – 1 шт.  $V=1$  шт.

Прокладання трубопроводів  $\varnothing 20$  та  $\varnothing 16$  мм. Одиниця вимірювання – 100 м.  $V=0,58$ .

Встановлення контрольно-вимірювальних приладів. Одиниця вимірювання – 1 комплект.  $V=1$ .

Встановлення вентилів, засувок, кранів зворотніх, кранів прохідних на трубопроводах діаметром до 100 мм. Одиниця вимірювання – 1 шт.  $V=45$ .

Встановлення фанкойлів. Одиниці вимірювання – 100 кВт.  $V=2,3$ .

Встановлення кранів кулькових на трубопроводах діаметром  $\varnothing 16$  і  $\varnothing 25$  мм. Одиниця вимірювання – 1 шт.  $V=182$ .

Встановлення запобіжних клапанів  $\varnothing 25$ ,  $\varnothing 40$ ,  $\varnothing 50$  мм. Одиниця вимірювання – 1 шт.  $V=30$ .

Встановлення запобіжних клапанів  $\varnothing 110$  мм. Одиниця вимірювання – 1 шт.  $V=4$ .

Гідравлічне випробування системи. Одиниця вимірювання – 100 м.  $V=11,22$ .

Замашування гнізд, отворів та борозд. Одиниця вимірювання – 1 м<sup>3</sup>.  $V=1,4$ .

Вивезення деталей, обладнання та сміття з місця монтажу. Одиниця вимірювання – 1 т.  $V=0,56$ .

Визначення складу і об'ємів робіт для монтажу сонячних колекторів:

- 1 Доставка деталей і обладнання до місця монтажу. Одиниці вимірювання в кілометрах. Дальність транспортування 23 км, вага вантажу 15т. Об'єм  $V=15$ , [30].
- 2 Виготовлення металевих каркасів для кріплення сонячних колекторів, [27];
- 3 Пробивання гнізд та отворів в стінах. Одиниці вимірювання в 100 шт. Необхідна кількість отворів - 131 шт. Об'єм  $V=1,31$ , [30].
- 4 Піднімання та монтаж елементів кріплення сонячних колекторів. Одиниці вимірювання в т. Необхідна вага - 9350 кг. Об'єм  $V=9,35$ , [30].
- 5 Підіймання сонячних колекторів. Одиниці вимірювання в маш-год. Об'єм  $V=325$ , [30].
- 6 Монтаж колекторів. Одиниці вимірювання в шт. Необхідна кількість - 110 шт. Об'єм  $V=110$ , [29].
- 7 Пробивання гнізд та отворів в стінах. Одиниці вимірювання в 100 шт. Необхідна кількість отворів - 13 шт. Об'єм  $V=0,13$ , [30].
- 8 Проведення ліній електропередачі. Одиниці вимірювання в 100 м. Необхідна кількість кабелю - 472 м. Об'єм  $V=4,72$ , [28].

- 9 Монтаж сонячної станції BRV S1 Solar 1 3/4 "з регулятором і насосом Wilo Star 25/7. Одиниці вимірювання в 1 шт. Об'єм V=1, [29].
- 10 Монтаж бака-накопичувача Атмосфера TRM на 800 літрів. Одиниці вимірювання в 1 шт. Об'єм V=1, [29].
- 11 Монтаж розширювального баку Zilmet 80 л. Одиниці вимірювання в шт.. Об'єм V=1, [27].
- 12 Монтаж протиопікового термостатичного змішувача BRV. Одиниці вимірювання в шт. Об'єм V=1, [29].
- 13 Монтаж теплоносія Тепро 30-П Солар. Одиниці вимірювання в шт. Об'єм V=1, [29].
- 14 Монтаж вакуумного колектора Атмосфера СВК-А 30 з комплектом кріплень. Одиниці вимірювання в шт. Об'єм V=4, [29].
- 15 Монтаж контролера управління сонячною системою СК868С9. Одиниці вимірювання в шт. Об'єм V=1 [29].
- 16 Вивезення деталей і обладнання та будівельного сміття з місця монтажу. Одиниці вимірювання в кілометрах. Дальність транспортування 19 км, вага вантажу 1,3 т. Об'єм V=1,3, [30].

### **3.4 Монтажні інструменти які необхідні для робіт.**

Для пробивання отворів та гнізд в стінах використовується електрична дріль DWT SBM-780.

Для монтажу металополімерного трубопроводу використовується радіальний пресс REMS ACC та пресс інструмент VALTEC ручний для їх з'єднання опресовуванням.

Для гідравлічного випробування змонтованої системи використовується опресувальний насос.

### **3.5 Аналіз конструктивних особливостей системи опалення**

В даній магістерській дипломній роботі розробляється технологія монтажу двотрубною системою опалення.

В якості теплоносія використовується вода. Застосовуються металополімерні труби трубопроводи з  $\varnothing$  від 16 до 26 мм, які монтуються відкрито, кріплячись до стіни. В якості опалювальних приладів використовуються фанкойли марки Mitsuhito, з характеристиками наведеними в додатку В. Система функціонує за рахунок примусової циркуляції теплоносія.

Основною перевагою двотрубною системи опалення є те, що дана система забезпечує рівномірне розподілення теплоносія в мережі, завдяки чому гарантується точне регулювання опалювальних приладів по приміщеннях.

Недоліком є висока матеріалоемність системи, як наслідок — збільшення вартості робіт.

Фанкойли розташовані на відстані 150 мм від підлоги. Діаметри трубопроводів було прийнято за результатами гідравлічного розрахунку, в залежності від витрати та швидкості руху теплоносія.

## **3.6 Вимоги до монтажу елементів системи опалення та електропостачання**

### **3.6.1 Правила для влаштування трубопроводів.**

Для встановлення опалювальної системи, що складається з металополімерних труб, які постачають біметалічні радіатори з теплоносієм, встановлені наступні вимоги:

- і. трубопровідна арматура повинна розташовуватися в доступних місцях;
- б. надрізи повинні бути відкалібровані та очищені;  
арматура труби повинна бути достатньо міцною для підтримки ваги трубопроводу та можливих фізичних навантажень;
- повторно. встановлення систем через конструкції будівель важливо досягти за допомогою рукавів, внутрішній діаметр яких на 0,5-1 см більше, ніж аналогічний параметр труби. Простір, утворений між елементами, повинен бути заповнений гнучким негорючим матеріалом, який дозволяє трубі рухатися в поздовжньому напрямку;
- е. Встановлюючи металопластикові сантехнічні або опалювальні системи, важливо не допустити пошкодження поверхні елементів, включаючи подряпини

або порізи. Щоб розпакувати залив, краще уникати гострих предметів і позначити конструкцію олівцем або фломастером;

е. установка конструкції може здійснюватися за допомогою опори або опори підвіски, які зазвичай є в асортименті виробників металевих труб. Вони допомагають кріпити вироби до стіни, при цьому металеві деталі встановлюються за допомогою гнучких стикових матеріалів;

г. при фіксації металопластикових труб необхідно підтримувати крок між затискачами більше одного метра.

Послідовність монтажу металополімерних труб:

А. підвозять і вивантажують на платформу для зведеного складання вузлів і деталей трубопроводів (установка металополімерних труб проводиться в чотири етапи: 1) різання труби під кутом 90о; 2) за допомогою калибратора з краю труби скошена фаска; 3) шланг встановлений у фітингу; 4) з'єднання проводиться обтискними плоскогубцями.);

Б. позначте місця установки трубопроводів;

В. встановити опорні конструкції та конструкції підвісів.

Перед встановленням необхідно:

і. на аксонометричну діаграму або загальну схему системи опалення для розкладання на вузли відповідно до місцевих умов монтажу;

б. визначити послідовність установки вузлів;

в. прикріпити розташування опор до будівельних конструкцій на плані.

### **3.6.2 Вимоги до монтажу теплових насосів**

При установці системи теплового насоса дотримуйтеся інструкцій виробника. Також застосовуються національні норми щодо встановлення вертикальних і горизонтальних датчиків підлоги.

Це стосується і свердління отворів для нагнітання та витяжки.

Для введення в дію системи теплового насоса необхідно:

- перевірка всієї системи на технічно правильну та безпечну реалізацію;
- перевірити роботу всіх компонентів системи відповідно до проектних умов;
- вирівняти параметри системного адміністрування з експлуатаційними вимогами проекту;

- відрегулювати систему опалення.

Введення в експлуатацію відбувається після встановлення системи опалення за допомогою теплового насоса.

Підготовка до введення в експлуатацію включає наступне:

- система розподілу;
- бак для акумуляторів;
- джерела теплової енергії;
- встановлення теплового насоса;
- електричні з'єднання.

### **3.6.3 Правила влаштування земляного контуру**

Земляний колектор повинен бути очищений та промитий.

Необхідно перевірити герметичність контуру. Датчик ґрунту повинен бути випробуваний під тиском, використовуючи один із відповідних методів, наприклад, при тиску 4 кПа принаймні 30 хвилин. (для металевих труб). Вибираючи метод випробування для пластикових труб, слід враховувати еластичність матеріалу. Значення параметрів випробувань можуть змінюватися залежно від обраного матеріалу та розміру труби відповідно до ДСТУ 617.

Система розподілу теплової енергії повинна бути наповнена водою та повітрям для зменшення піноутворення. Це особливо важливо в схемах, які використовують фізіологічний розчин як проміжне робоче середовище.

Після заповнення всієї системи переконайтесь, що з'єднувальна труба відключена від джерела подачі води.

Відповідно до вимог технічної документації виробника, у воду при необхідності можна додавати антифриз (наприклад, фізіологічний розчин).

Труби холодоагенту повинні бути випробувані відповідно до EN378-1 [21].

### **3.6.4 Вимоги до монтажу сонячних колекторів**

Монтаж сонячних колекторів у Вінниці здійснюється за загальноприйнятими правилами:

- Кількість тепла, виробленого колектором, безпосередньо залежить від орієнтації та кутів нахилу до горизонталі. Установка сонячних панелей на нашій широті базується на куті від 20 до 30 градусів, що ми вважаємо оптимальним. Якщо є значні відхилення, системи мають значне зниження енергоефективності. Кут нахилу залежить від режиму роботи. Він відрізняється як для літа, так і для зими, а також для цілорічного використання.

- Встановлення можна починати лише після всіх перешкод, що охоплюють колектор, наприклад. Б. обрізані гілки тощо видаляти.

- Установка сонячних колекторів захищає систему скління від сонця від використання, для чого використовуються непрозорі матеріали.

У Вінниці ми встановлюємо сонячні колектори, які:

- Один контур, тобто тільки для підготовки гарячої води. Ваш найпростіший тип - чудовий варіант для будівель на дачі. Ви маєте високі вимоги до засобів масової інформації.

- Подвійний контур для цілорічного опалення та нагріву води. При цьому установка сонячного колектора не залежить від твердості рідини та забруднення.

Установка сонячних колекторів може бути різною, оскільки це залежить від системи:

- Горизонтальний - колектор знаходиться на дахах плоских конструкцій.

- Нахил - положення датчиків на скатних дахах, і тому нахил робиться під різними кутами.

- Вільне розташування - для розміщення сонячних систем використовуються опорні структури.

### **3.7 Випробування відповідності системи**

Після встановлення системи проводяться випробування. Перед випробуванням усі труби слід промити. Перевірте, чи система перевірена проектом, і проведіть зовнішній огляд труб, з'єднань, пристроїв, пристроїв та арматури.

Перевіряється вся система та окремі типи пристроїв.

Під час випробувань зовнішнього контролю перевіряються плани та відповідність виконаним роботам за проектом, точність складання та довговічність кріплення

труб та опалювальних установок, встановлення агрегатів, арматури та відсутність протікань.

Гідростатичні випробування проводяться шляхом наповнення всіх елементів системи водою (повністю видалення повітря), підвищення тиску для випробування, утримання системи під випробувальним тиском протягом певного періоду, зниження тиску та, при необхідності, звільнення системи. Гідростатична проба безпечна: система випробовується в умовах, найбільш близьких до умов праці. Однак таке випробування вимагає, щоб будівля була забезпечена водою для наповнення санітарної системи, що неприпустимо. У разі порушення водонепроникного затоплення приміщень можливе зволоження конструкцій; взимку можна заморозувати воду з труб і "розморозувати" їх.

Гідростатичне випробування систем опалення проводиться при позитивній температурі в будівлі. Температура води, що наповнює систему, не повинна бути нижчою від 278 ° К (5 ° С) [19].

Після гідростатики систему піддають термічному випробуванню протягом декількох годин (7 годин) для перевірки рівномірності нагріву.

Якщо температура зовнішнього повітря позитивна, температура води в мережі, що падає, повинна бути не менше 60 ° С, якщо негативна - не менше 50 ° С.

Результати випробувань є результатом акта приймання опалювальної системи (акт приймання прихованих робіт, акт гідравлічного випробування, акт теплового випробування).

### **3.8 Визначення трудомісткості будівельних і монтажних робіт, нормативного і планового складу бригад, загальної тривалості робіт**

Формула 3.1 використовується для визначення трудомісткості:

$$Q = \frac{V \cdot H_v}{k}, \quad (3.1)$$

де  $V$  - об'єм робіт;

$k$  - коефіцієнт перевиконання ( $k = 1 \dots 1,3$ ).

Щоб визначити тривалість робіт користуємось наступною формулою:

$$T = \frac{Q}{8 \cdot n}, \quad (3.2)$$

де n - кількість робітників.

Результати розрахунків трудомісткості і тривалості робіт, а також складу бригад наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Трудомісткість і тривалість виконання монтажних робіт системи опалення

Найменування робіт	Од-ці вимір.	Об'єм роб., V	Норма часу, Н <sub>н</sub> , люд/год	Трудо-місткість, Q, люд/дні	Склад бригади	К-ть	Тривалість, Т, дні
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставка деталей і облад. до місця монтажу	1 т	3	2,1	6,3	Водій-1 Монт. 3р-1	1	0,7
Пробивання гнізд та отворів в стінах	100 шт	0,72	101,94	73,4	Монт. 3р-1	1	4
Прокладання трубопроводів опалення з поліпропілену d 20x2 мм та 18x2 мм	100 м	0,17	112,42	20,81	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	1	1,25
Прокладання трубопроводів опалення з поліпропілену d 16x2 мм та 14x2 мм	100 м	2,05	112,42	230,46	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	2	6,25
Монтаж сонячних колекторів	шт	4	21,68	27,23	Монт. 4р-1 Монт. 3р-2	3	2
Прокладання земляного контуру, буріння свердловин	100 м	1.5	100,32	65,12	Монт. 4р-3 Монт. 3р-2	5	3
Монтаж теплового насосу	шт	1	20,60	23,20	Монт. 3р-2	2	1
Монтаж фанкойлів	100 кВт	0,18	147,84	26,61	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	1	1,5

Продовження табл. 3.1

Встановлення балансувальних клапанів	1 шт	13	1,63	21,19	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	1	1,25
Встановлення кранів кулькових	1 шт	18	1,28	23,04	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	1	1,25
Монтаж індивідуального газового котла	1 шт	1	15,27	15,27	Монт. 5,4р-2	1	0,5
Монтаж центробіжного насоса	1 шт	1	21,68	21,68	Монт. 5,4р-2	1	0,75
Встановлення рушникосушарок	10 шт	0,2	2,67	0,53	Монт. 3р-2	1	0,25
Встан. грязьовиків	1 шт	1	4,56	4,56	Монт.	1	0,25

					4р-1 Монт. 3р-1		
Встан. запобіжних клапанів	1 шт	4	3,15	12,6	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	1	0,75
Встан. контроль-но вимірювальних приладів	комплект	1	0,2	0,2	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	1	0,25
Гідравл. випроб. системи	100 м	2,22	8,22	18,25	Монт. 6,5р-1	1	1
Зароблення отворів та гнізд	1м <sup>3</sup>	0,57	124,81	71,14	Монт. 3р-2	1	3
Вивезення мат., обладн. і сміття з майданчика	1 км	10	0,016	0,16	Водій-1 Монт. 3р-1	1	0,25

Календарний план складений на основі даних трудомісткості та об'ємах робіт.

Розрахунок техніко-економічних показників

1. Загальний строк будівництва:

$$T_{\text{заг.}} = 79 \text{ днів.}$$

2. Загальна трудомісткість:

$$Q_{\text{заг.}} = 195 \text{ люд.дні.}$$

3. Середня чисельність робочих:

$$R_{\text{сер.}} = Q_{\text{заг.}} / T_{\text{заг.}} = 195 / 24 = 8 \text{ робітників.}$$

4. Максимальна чисельність робітників:

$$R_{\text{макс.}} = 12 \text{ робітників.}$$

5. Надлишкова трудомісткість:

$$Q_{\text{надл.}} = 16.5 \text{ люд.дні.}$$

6. Коефіцієнт, що характеризує використання робітників протягом будівництва:

$$\alpha_1 = R_{\text{сер.}} / R_{\text{макс.}} = 0.66$$

7. Коефіцієнт нерівномірності графіку руху робітників по працевтратам:

$$\alpha_2 = Q_{\text{надл.}} / Q_{\text{заг.}} = 0,08$$

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

$$\alpha_3 = T_{\text{уст.}} / T_{\text{заг.}} = 0,9.$$

9. Коефіцієнт, що характеризує рівень механізації монтажних робіт:

$$n = Q_{\text{мех.}} / Q_{\text{заг.}} * 100\% = 25\%.$$

Щоб монтажні роботи були ефективними необхідна забезпеченість монтажників необхідними розхідними матеріалами, що будуть необхідними для якісної та швидкої роботи. Кількість розраховується згідно кошторису на матеріали.

Таблиця 3.2 - Матеріали необхідні для монтажних робіт

№ п.п.	Шифр ресурсу	Матеріали, деталі та напівфабрикати	Один. вимір.	К-ть
1	2	3	4	5
1	111-0384	Білила цинкові МА-011-1	т	0,00001+0,00005
2	111-1668	Оліфа натуральна	т	0,01+0,02+0,02
3	1545-0159	Очіс льняний	т	0,00001+0,00002
4	По проекту	Контрольно-вимір. прилади	комплект	1
5	142-0010-2	Вода	м <sup>3</sup>	1+0,47+0,26
6	111-1483	Шурупи d=6мм; l=40 мм	т	0,0046
7	130-0257	Грязевик, dкорпуса=219мм	шт. (кг)	0,18 0,18
8	111-0254	Вапно хлорне, марка А	т	0,00001
9	1530-0149	Муфта, d=20мм	10 шт (кг)	4,6 2,3
10	1530-0155	Перехід d=20x16мм	10 шт (кг)	0,4 0,2
11	1530-0175	Кутник прямий, d=20мм	10 шт (кг)	0,8 0,4
12	1630-0188	З'єднання на згоні сталеві, переходи, d до 15 мм	шт. (кг)	14 3,5
13	1630-0126	Згони сталеві з муфтою і контргайкою, d до 15 мм	шт. (кг)	7 1,75
14	1630-0134	Спец'єднання сталеві, d до 15 мм	шт. (кг)	56 14
15	По проекту	Патрони для буд-монтажного пістолета	1000 шт (кг)	0,1 0,1
16	По проекту	Дюбелі з волокнистим ущільнювачем	кг	2,08
17	По проекту	Наконечники	кг	0,55
18	1530-0165	Трійник прямий, d=20мм	10 шт (кг)	2,3 1,15
19	130-004	Болти з гайками і шайбами, d=16мм	т	0,0011+0,00127 +0,00254
20	По проекту	Фланці сталеві	шт.(кг)	2 0,75
21	По проекту	Арматура фальцева	шт. (кг)	1 0,5
22	124-0059	Анкерні деталі з прямих стержнів з різьбою	т	0,0022
23	111-1746	Прокладки гумові	кг	0,07+0,01
24	1541-0063	Покладка з пароніту, марка ПМБ, товщина 1 мм d=50мм	1000 шт (кг)	0,004+0,002 +0,002 0,2
25	1541-0064	Покладка з пароніту, марка ПМБ, товщина 1 мм d=100мм	1000 шт (кг)	0,003+0,002 0,25

Загальна вага усіх необхідних розхідних матеріалів складає 92,02 кг.

### 3.9 Визначення витрати електроенергії

Електроенергія, яка буде витрачена на роботу електричних приладів визначається за формулою [2].:

$$E = P \cdot \tau \cdot k, \quad (3.3)$$

де  $P$  – потужність приладу чи механізму, кВт;

$\tau$  – термін роботи приладу, год;

$\kappa$  – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання.

Витрати електроенергії на роботу дрилі:

$$E = (3,7 \cdot 0,78) \cdot 1,1 \cdot 26,33 = 83,5 \text{ кВт год.}$$

Втрати електроенергії на роботу пресу:

$$E = 0,25 \cdot 5,5 \cdot 19,3 = 26,5 \text{ кВт год.}$$

Загальні втрати електроенергії становлять:

$$E = 83,5 \cdot 4 + 26,5 \cdot 2 = 387 \text{ (кВт год.)}$$

### 3.10 Розрахунок техніко-економічних показників календарного плану

1. Сумарні трудовозатрати:

$$Q_{\text{заг}} = \sum R_n \cdot T_n = 2 \cdot 1,25 + 3 \cdot 5,6 + 3 \cdot 1,7 + 5 \cdot 6,9 + 5 \cdot 4,1 + 5 \cdot 1,33 + 3 \cdot 4,75 + 2 \cdot 4,75 + 2 \cdot 3,8 + 3 \cdot 2,1 + 2 \cdot 3,4 + 3 \cdot 9,24 + 5 \cdot 6,4 + 3 \cdot 6,4 + 2 \cdot 1,1 + 2 \cdot 0,4 + 3 \cdot 1,1 + 3 \cdot 7 + 10 \cdot 10,7 + 3 \cdot 1,05 + 2 \cdot 1,05 + 2 \cdot 2,5 + 4 \cdot 1,1 + 5 \cdot 1,6 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2,3 + 7 \cdot 13 + 3 \cdot 7,35 + 3 \cdot 3,7 + 4 \cdot 21,7 + 3 \cdot 0,5 + 4 \cdot 1,6 + 3 \cdot 0,73 + 3 \cdot 0,73 + 2 \cdot 3 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 3,1 + 2 \cdot 0,75 + 2 \cdot 0,9 = 623,7 \text{ люд} \times \text{дн.} \quad (3.4)$$

де  $R_n$  – нормативна кількість працюючих над конкретною роботою, чол.;

$T_n$  – тривалість виконання даної роботи, люд-год.

1. Терміни будівництва:

$$T_{\text{заг}} = 79 \text{ дн.}$$

3. Кількість працівників максимальна:

$$R_{\text{мах}} = 11 \text{ чол.}$$

4. Середня кількість працівників:

$$R_{\text{сер}} = Q_{\text{заг}} / T_{\text{заг}} = 623,7 / 78 = 8 \text{ чол.} \quad (3.5)$$

$$Q_{\text{над}} = 3 \cdot 2 + 3 \cdot 1,7 + 5 \cdot 6,5 + 10 \cdot 10,7 + 3 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,6 + 6 \cdot 15 + 2 \cdot 0,37 + 2 \cdot 0,9 = 246,14 \text{ люд} \times \text{дн.}$$

5. Кількість робітників яка працює протягом будівництва характеризується коефіцієнтом:

$$\alpha_1 = R_{\text{сер}} / R_{\text{мах}}; \quad \alpha_1 = 1 \quad (3.6)$$

$$\alpha_1 = 8 / 11 = 0.72.$$

8. Коефіцієнт нерівномірності графіка руху робітників по працевитратам:

$$\alpha_2 = Q_{\text{над}} / Q_{\text{заг}}; \quad \alpha_2 = 1 \quad (3.7)$$

$$\alpha_2 = 246,14 / 623,7 = 0.4.$$

6. Використання часу монтажниками протягом будівельних робіт характеризується наступним коефіцієнтом:

$$\alpha_3 = T_{\text{вст}} / T_{\text{заг}}; \quad \alpha_3 = 0 \quad (3.9)$$

$$\alpha_3 = 71 / 78 = 0.91$$

Техніко – економічні показники відображені на креслені (Аркуш 7)

## **Висновки до розділу**

В даному розділі визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи опалення, потребу в допоміжних матеріалах, підбрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт, складений календарний план виконання робіт, в якому визначено склад ланок та розряд робітників.

Виконаний розрахунок техніко-економічних показників, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт 195 люд/дні та тривалість виконання монтажних робіт – 79 днів.

## 4 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

### 4.1 Загальні дані

Система опалення призначена для підтримки оптимальної температури житлової будівлі.

Система, яка використовується - низькотемпературна. Теплоносій - підготовлена вода, яка циркулює по магістралях (трубах) і віддає тепло в нагрівачі. Температура - 45-55 °С.

Ми встановлюємо системи опалення труб компанії PENAU металопластикові «NIBCO». Всі монтажні та пусконаладжувальні роботи обладнання виконуються фахівцями постачальника. Монтажні роботи повинні виконуватися на проектній основі.

У даній системі в якості теплообмінника використовується підлоговий фанкойл Mitsushito MFF4-150.

### 4.2 Моделювання тепловтрат будинку в залежності від зміни термічного опору огорожуючих конструкцій

Система теплопостачання повинна компенсувати всі тепловтрати будинку – через огорожувальні конструкції та на нагрівання зовнішнього холодного повітря, яке проникає в приміщення через різні нещільності в огорожувальних конструкціях.

Загальні тепловтрати  $Q_z$  складаються з головних  $Q_r$  та додаткових  $Q_d$ .

Головні тепловтрати  $Q_r$  Вт, визначаються за формулою

$$Q_r = \frac{1}{R_0^{\phi}} \cdot F \cdot (t_B - t_3) \cdot n, \quad (4.1)$$

де  $F$  - площа огороджуючої конструкції,  $m^2$  ;

$R_0^\phi$  - повний фактичний термічний опір огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$ ;

$t_B$  – розрахункова температура внутрішнього повітря,  $^\circ C$

$t_3$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^\circ C$ , яка приймається рівною середній температурі найбільш холодної п'ятиденки;

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

Після визначення тепловтрат кожного приміщення вони сумуються і знаходяться загальні тепловтрати всього торгово-офісного центру

$$\sum Q_{заг}^{буд} = Q_{заг}^{ц.пов} + Q_{заг}^{1пов} + Q_{заг}^{2пов} + Q_{заг}^{3пов} + Q_{заг}^{4пов} + Q_{заг}^{5пов} = 164,2 (кВт) \quad , \quad (4.2)$$

Загальна площа всіх приміщень будівлі

$$\sum F_{заг}^{буд} = F_{заг}^{ц.пов} + F_{заг}^{1пов} + F_{заг}^{2пов} + F_{заг}^{3пов} + F_{заг}^{4пов} + F_{заг}^{5пов} = 3940,2 (m^2) \quad , \quad (4.3)$$

Загальні питомі тепловтрати будівлі при  $R_{0^n}^1 = 4,145 m^2 \cdot ^\circ C / Wt$ :

$$Q_{заг.буд}^{1m^2} = \frac{\sum Q_{заг}^{буд}}{\sum F_{заг}^{буд}} = \frac{164205,2}{3940,2} = 41,67 (Вт / m^2). \quad (4.4)$$

Загальні питомі тепловтрати будівлі при  $R_{0^n}^2 = 3,3 m^2 \cdot ^\circ C / Wt$  визначимо, склавши пропорцію:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{Q_{заг.буд1}^{1m^2}}{Q_{заг.буд2}^{1m^2}} = \frac{R_{0^n}^2}{R_{0^n}^1}. \quad (4.5)$$

Співвідношення термічних опорів огороджуючої конструкції

$$\frac{R_{0^n}^1}{R_{0^n}^2} = \frac{4,145}{4,0} = 1,1. \quad (4.6)$$

Загальні питомі тепловтрати при  $R_{0^n}^1 = 4,0 m^2 \cdot ^\circ C / Wt$

$$Q_{заг.буд2}^{1m^2} = \frac{Q_{заг.буд1}^{1m^2} \cdot R_{0^n}^2}{R_{0^n}^1}, \quad (4.7)$$

$$Q_{заг.буд1}^{1m^2} = Q_{заг.буд2}^{1m^2} \cdot 1,3 = 41,67 \cdot 1,12 = 46,67 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Отже, загальні тепловтрати житлового будинку при  $R_o^1=4,0 \text{ м}^2\text{С/Вт}$  складають:

$$\sum Q_{заг2}^{буд} = \sum F_{заг}^{буд} \cdot Q_{заг.буд2}^{1m^2} = 3940,2 \cdot 46,67 = 183890,7 \text{ (Вт)}. \quad (4.8)$$

Після порівняння тепловтрат можна зробити висновок, що, зменшивши термічний опір огорожуючої конструкції, тепловтрати збільшаться на 19,7кВт.

Вакому випадку встановлена система теплопостачання з підбраною потужністю радіаторів не забезпечить потрібного температурного режиму приміщень.

Розрахуємо на скільки зменшиться або збільшиться витрата газу при зміні термічних опорів огорожуючи конструкцій.

Розрахункова потреба теплоти на теплопостачання

$$Q = a \cdot x_0 \cdot V \cdot (t_A - t_C), \quad (4.9)$$

де, а – поправочний коефіцієнт для житлових і громадських будинків, а = 1,16;

$x_0$  – питома тепла характеристика будинку;

V – зовнішній об'єм будинку, м<sup>3</sup>;

$t_B$  – внутрішня температура приміщення, °С;

$t_3$  – зовнішня температура приміщення, °С.

Розрахункова потреба теплоти на теплопостачання при R=3,3 м<sup>2</sup>°С/Вт

$$Q = 1,16 \cdot 0,51 \cdot 70924,14 \cdot 41 = 1720307,6 \text{ (Вт)}.$$

Розрахункова потреба теплоти на теплопостачання при R=3,645 м<sup>2</sup>°С/Вт

$$Q = 1,16 \cdot 0,43 \cdot 70924,14 \cdot 41 = 1450455,4 \text{ (Вт)}.$$

Отже, витрата тепла при термічному опорі R = 3,645 м<sup>2</sup>°С/Вт зменшиться на 16,4% у порівнянні з витратою тепла при R = 3,3 м<sup>2</sup>°С/Вт.

### 4.3 Складання енергетичного паспорту будинку

Розрахункове значення питомих тепловтрат на теплопостачання будинку за опалювальний період  $q_{б\text{уд}}$ , кВт·год/м<sup>2</sup> або кВт·год/м<sup>3</sup> :

$$q_{б\text{уд}} = \frac{Q_{пик}}{F_h} \quad \text{або} \quad q_{б\text{уд}} = \frac{Q_{пик}}{V_h}, \quad (4.10)$$

де  $Q_{пик}$  – витрати теплової енергії на теплопостачання будинку під час опалювального періоду року, кВт·год;

$F_h, V_h$  – опалювана площа або об'єм будинку, м<sup>2</sup> або м<sup>3</sup>. Розрахункові витрати теплової енергії  $Q_{пик} = [Q_k - (Q_{внн} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_n,$  (4.11)

де  $Q_k$  – загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку, кВт·год;

$Q_{вн\ n}$  – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт·год;

$Q_s$  – теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год;

$\nu$  – коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі;

$\zeta$  – коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах теплопостачання;

$\beta_h$  – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системи теплопостачання, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів додатковими тепловтратами через зарядіаторні ділянки огорож, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення.

Загальні тепловтрати будинку  $Q_k$ , кВт·год,

$$Q_k = \chi_1 \cdot K_{\text{бод}} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma} , \quad (4.12)$$

де  $\chi_1 = 0,024$  – розмірний коефіцієнт;

$D_d$  – кількість градусо-днів опалювального періоду;

$F_{\Sigma}$  – загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій;

$K_{\text{бод}}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$K_{\text{бод}} = k_{\Sigma_{np}} + k_{\text{инф}} , \quad (4.13)$$

де  $k_{\Sigma_{np}}$  – приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$k_{\Sigma_{np}} = \xi \cdot \frac{\left( \frac{F_{\text{нп}}}{R_{\Sigma_{\text{прнп}}}} + \frac{F_{\text{сп}}}{R_{\Sigma_{\text{прспв}}}} + \frac{F_d}{R_{\Sigma_{\text{прд}}}} + \frac{F_{\text{пк}}}{R_{\Sigma_{\text{прпк}}}} + \frac{F_{\text{ц}}}{R_{\Sigma_{\text{прц}}}} \right)}{F_{\Sigma}} , \quad (4.14)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, які пов'язані з орієнтацією огорож за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок;

$F_{НП}$ ,  $F_{СП}$ ,  $F_{Д}$ ,  $F_{ПК}$ ,  $F_{Ц}$  – площі відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів), зовнішніх вхідних дверей та воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів (підлог по ґрунту),  $m^2$ ;

$R_{\Sigma_{ПРНП}}$ ,  $R_{\Sigma_{ПРСПВ}}$ ,  $R_{\Sigma_{ПРД}}$ ,  $R_{\Sigma_{ПРПК}}$ ,  $R_{\Sigma_{ПРЦ}}$  – приведений опір теплопередачі відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей тощо), зовнішніх вхідних дверей, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів (підлог на ґрунту – з урахуванням їх поділу на зони із зазначенням опору теплопередачі),  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$k_{инф}$  – умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку,  $W/(m^2 \cdot K)$ , що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції[41]

$$k_{инф} = \frac{\chi_2 \cdot c \cdot n_{об} \cdot v_v \cdot V_h \cdot \gamma_3 \cdot \eta}{F_{\Sigma}}, \quad (4.15)$$

де  $\chi_2 = 0,278$  – розмірний коефіцієнт[42];

$c$  – питома теплоємність повітря, приймається рівною  $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ;

$n_{об}$  – середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період,  $\text{год}^{-1}$ ;

$v_v$  – коефіцієнт зниження об'єму повітря у будинку, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій;

$\gamma_3$  – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції,  $\text{кг}/m^3$  [41]

$$\gamma_3 = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_в + t_{опз})]}, \quad (4.16)$$

де  $t_в$  – розрахункова температура внутрішнього повітря приміщень будинків,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{опз}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С;

$\eta$  – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях.

Середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період  $n_{об}$ , год<sup>-1</sup>, визначається за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації

$$n_{об} = \frac{\left[ \left( \frac{L_V \cdot n_V}{168} \right) + \left( \frac{P_{инф} \cdot \eta \cdot n_{инф}}{168 \cdot \gamma} \right) \right]}{v_V \cdot V_h}, \quad (4.17)$$

де  $L_V$  – кількість припливного повітря в будинок у разі природного спонукання або нормативне значення під час вентиляції з механічним спонуканням, м<sup>3</sup>/год;

$F_{лр}$  – розрахункова площа громадських будинків, м<sup>2</sup>;

$n_V$  – кількість годин роботи вентиляції з механічним спонуканням протягом тижня;

168 – кількість годин у тижні;

$P_{инф}$  – кількість повітря, що інфільтрується в будинок через огорожувальні конструкції (нешільності світлопрозорих конструкцій) в неробочий час[41]

$$P_{инф} = 0,5 \cdot v_V \cdot V_h, \text{ кг/год};$$

$n_{инф}$  – кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом тижня, год.

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду,  $Q_{внп}$ , кВт, визначаються за формулою:

$$Q_{внп} = \chi_1 \cdot q_{внп} \cdot z_{оп} \cdot F_l, \quad (4.18)$$

$q_{внп}$  – величина побутових теплонадходжень на 1 м<sup>2</sup> житлової площі будівлі або розрахункової площі громадського будинку, Вт/м<sup>2</sup>;

$z_{оп}$  – тривалість днів опалювального періоду;

$F_l$  – розрахункова площа.

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год, для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма напрямками сторін світу - північ (Пн), схід (С), південь (Пд) і захід (З) або за

проміжними напрямками (північ-захід (ПнЗ), північ-схід (ПнС), південь-схід (ПдС) і південь-захід (ПдЗ), визначаються за формулою:

$$Q_s = \zeta_B \varepsilon_B (F_{Пн} I_{Пн} + F_C I_C + F_{Пд} I_{Пд} + F_3 I_3) + \zeta_{ЗЛ} \varepsilon_{ЗЛ} F_{СПЛ} I_\Gamma, \quad (4.19)$$

де  $\zeta_B, \zeta_{ЗЛ}$  – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон і Zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення;

$\varepsilon_B, \varepsilon_{ЗЛ}$  – коефіцієнти відносного проникання сонячної радіації відповідно для світлопрозорих заповнень вікон і Zenітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій;

$F_{Пн}, F_C, F_{Пд}, F_3$  – площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, м<sup>2</sup>;

$F_{СПЛ}$  - площа світлових прорізів Zenітних ліхтарів будинку, м<sup>2</sup>;

$I_{Пн}, I_C, I_{Пд}, I_3$  – середні величини сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтовані за чотирма фасадами будинку, кВт·год/м<sup>2</sup>;

$I_\Gamma$  - середня величина інтенсивності сонячної радіації за опалювальний період, яка спрямована на горизонтальну поверхню за умов хмарності, кВт·год/м<sup>2</sup>.

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку

$$K_{\Sigma пр} = 1,1 \cdot \left( \frac{1731,95}{3,145} + \frac{472,56}{0,65} + \frac{47,72}{0,74} + \frac{882,48}{5,34} + \frac{1327,62}{3,75} \right) = 0,46 \left( \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right)$$

Середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції

$$\gamma_3 = \frac{353}{\lceil 273 + 0,5 \cdot (20 - 21) \rceil} = 1,3 \left( \frac{кг}{м^3} \right)$$

Кількість припливного повітря в будинок

$$L_v = 4 \cdot F_l, \quad (4.20)$$

$$L_v = 4 \cdot 3940,2 = 15760,8 \left( \frac{м^3}{год} \right)$$

$$P_{\text{інф}} = 0,5 \cdot 0,85 \cdot 70924,14 = 30142,8 \left( \frac{\text{кВт}}{\text{год}} \right)$$

Середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період

$$n_{\text{об}} = \frac{\left[ \left( \frac{5421,52 \cdot 84}{168} \right) + \left( \frac{30142,8 \cdot 1 \cdot 168}{168 \cdot 1,3} \right) \right]}{0,85 \cdot 70924,14} = 0,43.$$

Умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції

$$k_{\text{інф}} = \frac{0,272 \cdot 1 \cdot 0,43 \cdot 0,85 \cdot 70924,14 \cdot 0,3 \cdot 1}{4462,32} = 0,47 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right)$$

Загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку

$$K_{\text{бод}} = 0,46 + 0,47 = 0,93 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right)$$

Загальні тепловтрати будинку

$$Q_k = 0,024 \cdot 0,93 \cdot 3750 \cdot 4462,32 = 373496,2 \text{ (Вт)}.$$

Величина побутових теплонаходжень на 1 м<sup>2</sup> площі будівлі

$$q_{\text{ВПП}} = 11,2 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right)$$

Тривалість опалювального періоду  $Z_{\text{оп}} = 189 \text{ днів}$ .

Побутові теплонаходження протягом опалювального періоду

$$Q_{\text{ВПП}} = 0,024 \cdot 11,2 \cdot 189 \cdot 3940,2 = 200174,8 \text{ (Вт)}.$$

За таблицею 4.1 [25] визначено коефіцієнти затінення світлового прорізу та відносного проникання сонячної радіації вікон

$$\zeta_B = 0,5; \quad \varepsilon_B = 0,7.$$

$$F_{\text{Пн}} = 43,2 \text{ (м}^2\text{)}, \quad I_{\text{Пн}} = 147 \left( \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2} \right).$$

$$F_C = 19,2 \text{ (м}^2\text{)}, \quad I_C = 207 \left( \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2} \right).$$

$$F_{\text{По}} = 210,48 \text{ (м}^2\text{)}, \quad I_{\text{По}} = 325 \left( \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2} \right).$$

$$F_{\text{Пос}} = 73,44 \text{ (м}^2\text{)}, \quad I_3 = 211 \left( \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2} \right).$$

$$F_{\text{ПнЗ}} = 126,24 \text{ (м}^2\text{)}, \quad I_{\text{ПнЗ}} = 159 \left( \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2} \right).$$

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду

$$Q_s = 0,5 \cdot 0,7 \cdot (43,2 \cdot 147 + 19,2 \cdot 207 + 210,48 \cdot 325 + 73,44 \cdot 211 + 126,24 \cdot 159) = 40004,6 \text{ (Вт)}.$$

Розрахункові витрати теплової енергії

$$Q_{\text{рік}} = \lceil [373496,2 - (200174,8 + 40004,6) \cdot 0,8 \cdot 0,95] \rceil \cdot 1,1 = 210055,9 \text{ (Вт)}.$$

Розрахункове значення питомих тепловтрат на теплопостачання будинку за опалювальний період

$$q_{\text{буд}} = \frac{210,06}{3940,2} = 0,05 \left( \frac{\text{кВт}}{\text{год} \cdot \text{м}^2} \right),$$

$$q_{\text{буд}} = \frac{210,06}{70924,14} = 0,003 \left( \frac{\text{кВт}}{\text{год} \cdot \text{м}^2} \right).$$

Отримані значення тепловтрат, віднесені на одиницю площі та на одиницю об'єму заносимо до енергетичного паспорту будинку в таблицю 5.3.

Показник компактності будівлі

$$\Lambda_{\text{кбуд}} = \frac{F_{\Sigma}}{V_h}, \quad (4.21)$$

$$\Lambda_{\text{кбуд}} = \frac{4462,32}{70924,14} = 0,06.$$

Отримане значення заносимо до таблиці 5.3.

Різниця в % розрахункового значення питомих тепловтрат,  $q_{\text{буд}}$ , від максимального допустимого значення,  $E_{\text{max}}$

$$\frac{0,06 - 0,8}{0,8} \cdot 100\% = -92,1\%.$$

Отже, за енергетичною ефективністю будівля відноситься до класу А

### Енергетичний паспорт будинку

Таблиця 4.1 – Загальна інформація

Дата заповнення (рік, місяць, число)	15.12.25
Адреса будинку	м. Вінниця
Розробник проєкту	Панченко А.Я.
Адреса і телефон розробника	ВНТУ
Шифр проєкту будинку	24-80-002
Рік будівництва	2025

Таблиця 4.2 – Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця вимірювання	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_B$	°C	22
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_3$	°C	-21
Тривалість опалювального періоду	$Z$	доба	189
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{опз}$	°C	8,8
Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду	$D_d$	°C·доба	3750
Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку			
Призначення	житловий будинок		
Розміщення в забудові	вбудовані приміщення		
Типовий проєкт, індивідуальний	індивідуальний проєкт		

Таблиця 4.3 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Назва показника	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (проєктне) значення показника	Фактичне значення показника
1	2	3	4	5
Геометричні показники				
Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку	$F_{\Sigma}$ , м <sup>2</sup>	—	4462,32	4462,32

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
В тому числі:				
- стін	$F_{\text{нп}}, \text{м}^2$	—	1731,95	1731,95
- вікон	$F_{\text{сп}}$	—	472,56	472,56
- вхідних дверей та воріт	$F_{\text{д}}, \text{м}^2$	—	47,72	47,72
- покриття (суміщених)	$F_{\text{пк}}, \text{м}^2$	—	882,48	882,48
- підлоги по ґрунту	$F_{\text{ц}}, \text{м}^2$	—	1327,62	1327,62
Площа опалюваних приміщень	$F_{\text{н}}, \text{м}^2$	—	3940,2	3940,2
Опалюваний об'єм	$V_{\text{н}}, \text{м}^3$	—	70924,14	70924,14
Коефіцієнт скління фасадів будинку	$m_{\text{СК}}$		0,378	0,378
Показник компактності будинку	$\Lambda_{\text{К буд}}$	0-0,43	0,06	0,06
Теплотехнічні та енергетичні показники				
Теплотехнічні показники				
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожень	$R_{\Sigma \text{пр}}, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$			
- стін	$R_{\Sigma \text{прнт}}$	3,3	3,145	—
- вікон	$R_{\Sigma \text{прспв}}$	0,6	0,65	—
- вхідних дверей, воріт	$R_{\Sigma \text{прд}}$	0,6	0,74	—
- покриттів (суміщених)	$R_{\Sigma \text{прпк}}$	4,95	5,34	—
- підлоги по ґрунту	$R_{\Sigma \text{прц}}$	3,5	3,75	—
Енергетичні показники				
Розрахункові питомі тепловитрати	$q_{\text{буд}}, \text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ ,		0,05	
Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на теплопостачання будинку	$E_{\text{max}}, \text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2, [\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3]$		0,08 [0,027]	
Клас енергетичної ефективності			A	
Відповідність проекту будинку нормативним вимогам		відповідає		
Необхідність доопрацювання проекту будинку		не потрібне		

Таблиця 4.4 – Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, $q_{буд}$ , від максимально допустимого значення, $E_{max}$	Рекомендації
A	Мінус 50 та менше	
B	Від мінус 49 до мінус 10	
C	Від мінус 9 до плюс 5	
D	Від плюс 6 до плюс 25	
E	Від плюс 26 до плюс 75	
F	Від 76 та більше	

Таблиця 5.5 – Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будинку

Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку
Рекомендовано: розрахункові значення геометричних, теплотехнічних та енергетичних показників не перевищують нормативних значень, проєкт доопрацювання не потребує.

Паспорт заповнений:	
Організація Адреса і телефон Відповідальний виконавець	ВНТУ Панченко А.Я.

### Висновок по розділу

В даному розділі проведено розрахунок енергетичного паспорту будинку, виконано моделювання тепловитрат при нормативному та розрахунковому термічному опорах.

Енергетичний паспорт показує, що проєкт будинку відповідає нормативним вимогам і не має необхідності в його доопрацюванні. Різниця між розрахунковими і максимально можливими питомими тепловтратами складає -92%, за класом енергетичної ефективності будівля відноситься до класу А.

## 5 Техніко-економічні показники

Кошторисна документація до проєкту наведеному у МКР складена у відпо- відності вимог Кошторисних норм України «Настанова з визначення вартості будівництва» від 21.03.24р..

Локальний кошторис складений на монтаж системи опалення. и та обсяги робіт наведені в організаційно-технологічній частині.

В локальному кошторисі приведені витрати праці, машин та механізмів на влаштування системи опалення. Наведено ринкову вартість основного обладнання та матеріалів.

### 5.1 Загальні техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники проєкту наведеного у МКР визначаються сумарними характеристиками, а також їх значеннями, що віднесені до об'єму теплоносія, що транспортується. Найголовнішими показниками є кошторисна вартість монтажу системи опалення у житловій будівлі та вартість встановлюваного обладнання та витратних матеріалів.

Кошторисну вартість визначена відповідно діючим нормам з врахуванням встановлених надбавок на накладні витрати та планові накопичення.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

Показники	Одиниці вимірювання	Значення
Кошторисна вартість на влаштування системи опалення.	грн.	1528348
Вартість матеріалів, виробів, конструкцій.	грн.	1213297
Кошторисна заробітна плата	грн.	670843
Кошторисна трудоемність	люд.-год	3182

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1 на Локальний кошторис системи опалення  
Локальний кошторис**

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість **1528348** тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 3,182 тис. люд.-год.  
Кошторисна заробітна плата 67,0843 тис. грн.  
Середній розряд робіт 4,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "15 травня" 2024 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
						в тому числі заробітної плати				в тому	тих, що обслуговують машини
										на одини-	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ331-6-2	Перевезення устаткування та будівельних машин транспортом загального призначення на відстань 30 км	т	5,6	<u>79,29</u>	<u>79,29</u>	444	-	<u>444</u>	-	-
2	КБ46-30-2	Пробивання отворів в бетонних стінах, підлогах товщиною 100 мм, площею до 100 см <sup>2</sup>	100шт	2,53	<u>1794,80</u> 917,62	<u>877,18</u> 262,01	4541	2322	<u>2219</u> 663	<u>44,48</u> 16,1311	<u>112,53</u> 40,81
3	КБ46-29-6	Пробивання круглих отворів діаметром до 50 мм в цегляних стінах товщиною до 25 см	100шт	1	<u>3035,84</u> 1669,85	<u>1365,99</u> 407,06	3036	1670	<u>1366</u> 407	<u>83,87</u> 24,9665	<u>83,87</u> 24,97
4	КБ16-14-12	Прокладання трубопроводів теплопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 25 мм зі з'єднанням терморезисторним зварюванням	100м	7,9	<u>4801,52</u> 1903,18	<u>1027,38</u> 398,95	37932	15035	<u>8116</u> <u>3152</u>	<u>89,9</u> <u>24,7574</u>	<u>710,21</u> <u>195,58</u>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	КБ16-14-14	Прокладання трубопроводів теплопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 32 мм зі з'єднанням терморезисторним зварюванням	100м	0,42	<u>10816,60</u> 2246,14	<u>399,58</u> 147,99	4543	943	<u>168</u> 62	<u>106,1</u> 9,1445	<u>44,56</u> 3,84
6	КБ16-14-15	Прокладання трубопроводів теплопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 40 мм зі з'єднанням терморезисторним зварюванням	100м	0,42	<u>4209,52</u> 2438,78	<u>480,23</u> 180,34	1768	1024	<u>202</u> 76	<u>115,2</u> 11,1495	<u>48,38</u> 4,68
7	КБ16-7-3	Прокладання трубопроводів теплопостачання зі сталевих водогазопровідних оцинкованих труб діаметром 25 мм	100м	0,22	<u>5899,07</u> 1152,93	<u>117,50</u> 29,90	1298	254	<u>26</u> 7	<u>55,27</u> 1,7283	<u>12,16</u> 0,38
8	КБ16-7-4	Прокладання трубопроводів теплопостачання зі сталевих водогазопровідних оцинкованих труб діаметром 32 мм	100м	0,34	<u>11154,39</u> 1152,93	<u>117,50</u> 29,90	3792	392	<u>40</u> 10	<u>55,27</u> 1,7283	<u>18,79</u> 0,59
9	КБ18-6-2	Установлення фанкойлів	100кВт	2,3	<u>8045,32</u> 1883,16	<u>408,16</u> 127,21	18504	4331	<u>939</u> 293	<u>96,92</u> 7,4618	<u>222,92</u> 17,16
10	КБ16-15-1	Установлення вентилів, засувок, затворів, клапанів зворотних, кранів прохідних на трубопроводах із сталевих труб діаметром до 25 мм	шт	201	<u>1294,95</u> 49,12	<u>11,65</u> 2,61	260285	9873	<u>2342</u> 525	<u>2,41</u> 0,1561	<u>484,41</u> 31,38
11	КБ18-13-1	Установлення насосів відцентрових з електродвигуном, маса агрегату до 0,1 т	шт	2	<u>7352,67</u> 429,38	<u>33,37</u> 8,71	14705	859	<u>67</u> 17	<u>21,32</u> 0,5002	<u>42,64</u> 1
12	КБ18-2-1	Установлення теплового насосу 1 типу geoTHERM марки VWS 302/2	шт	2	<u>51086,41</u> 1537,47	<u>398,67</u> 118,32	102173	3075	<u>797</u> 237	<u>75,44</u> 6,9236	<u>150,88</u> 13,85
13	КБ18-22-1	Установлення показників рівня кранового типу	комплект	201	<u>30,57</u> 27,10	-	6145	5447	-	<u>1,28</u>	<u>257,28</u>
14	КБ18-22-1	Установлення показників рівня кранового типу	комплект	3	<u>30,57</u> 27,10	-	92	81	-	<u>1,28</u>	<u>3,84</u>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	КБ18-22-2	Установлення манометрів з триходовим краном	комплект	3	<u>11,29</u> 7,74	-	34	23	-	<u>0,36</u>	<u>1,08</u>
16	КБ18-22-4	Установлення термометрів в оправі прямих та кутових	комплект	3	<u>11,57</u> 10,39	-	35	31	-	<u>0,51</u>	<u>1,53</u>
17	КБ16-29-3	Гідравлічне випробування трубопроводів систем теплопостачання, водопроводу і гарячого водопостачання діаметром до 200 мм	100м	10,5	<u>353,37</u> 207,31	<u>4,28</u> 0,24	3710	2177	<u>45</u> 3	<u>8,22</u> 0,015	<u>86,31</u> 0,16
18	КБ46-33-2	Закладення бетоном в залізобетонних перекриттях отворів, гнізд і борозен площею до 0,2 м2	м3	1	<u>2208,72</u> 1288,10	<u>36,36</u> 11,33	2209	1288	<u>36</u> 11	<u>73,69</u> 0,6783	<u>73,69</u> 0,68
19	КБ331-6-2	Перевезення устаткування та будівельних машин транспортом загального призначення на відстань 20 км	т	0,119	<u>56,73</u>	<u>56,73</u>	7	-	<u>7</u>	-	-
Разом прямі витрати по кошторису							1483494	52177	<u>18026</u> 5899		<u>2518,24</u> 361,95
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. <b>Всього будівельні роботи, грн.</b>							1213291 58076 44854 302,03 9767 <b>1528348</b>				
<b>Всього по кошторису</b>							<b>1528348</b>				
Кошторисна трудоємність, люд.год.							<b>3182</b>				
Кошторисна заробітна плата, грн.							<b>670843</b>				

Склав \_\_\_\_\_ А.Я.Панченко  
[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Перевірив \_\_\_\_\_ О.Г.Лялюк  
[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

## **Висновок до розділу**

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи розроблено локальний кошторис на влаштування системи створення нормативного мікроклімату житлового будинку у м. Вінниця, визначено основні техніко-економічні показники. На основі локального кошторису визначено вартість монтажу обладнання системи забезпечення мікроклімату, яка склала – 1528,348 тис. грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Здійснено аналітичний огляд конструкційних рішень системи опалення. В результаті дослідження основних характеристик та пріоритетності в сучасних рішеннях відновлювальних джерел енергії виявлено, що для створення комфортних умов для постійного перебування та проживання людей, підвищення економічної та енергоефективності в зимовий період слід застосувати до монтажу систему опалення з фанкойлом та використанням металополімерних труб, як теплоносії використовується вода. Проаналізовано особливості використання комбінованої системи ВДЕ – сонячного теплового насосу.

Здійснено порівняння поточних витрат на опалення для населення станом на жовтень 2025 року та порівняння вартості та потужності теплового насоса з іншими типами опалення. З метою модернізації та економії енергоресурсів запроектована система опалення, що працює на комбінованій системі сонячному колекторі та тепловому насосі типу «грунт-вода» що з'єднанні в одну повноцінну систему. Результат показує, що в середньому є будинок площею 1800 кв. потребує 316800 кВт · год тепла на рік. Отримаємо річну вартість опалення газовим котлом - 315216 грн та річну вартість опалення тепловим насосом - 35640 грн. За розрахованих умов тепловий насос економить 144 216 грн. Це означає, що тепловий насос вартістю 300 000 грн буде прибутковим через 10 років. При комбінуванні з сонячними колекторами, ми маємо вигідну систему, що економічна та безперебійна у своїй роботі.

Отже, при розрахунку ТЕО, визначаємо, що монтаж комбінованої системи є рентабельним.

На підставі теоретичних даних виконано теплотехнічний та гідравлічний розрахунки для об'єкту: 4-х поверховий житловий будинок з використанням комбінованої системи опалення та електропостачання з

використанням відновлюваних джерел енергії для підвищення енергоефективності, розташований у місті Вінниця.

Тепловтрати будинку, для якого проектується система опалення, становить 85 988 Вт.

Підібрано фанкойли Mitsushito MFF4-150.

Підібрано до встановлення циркуляційні насоси DAB BPH 120/280.50 M.

Підібрано балансувальний клапан ГЕРЦ- TS-90.

Розраховано геліосистему, яка складається з:

- 4 вакуумних колектора Атмосфера СВК-А 30 з комплектом кріплень,
- відведення повітря Caleffi,
- одноконтурна сонячна станція BRV S1 Solar 1 3/4 "з регулятором і насосом Wilo Star 25/6,
- одноконтурний бак-накопичувач Атмосфера TRM на 500 літрів,
- розширювальний бак Zilmet 80 л,
- протиопіковий термостатичний змішувач BRV,
- теплоносій Тепро 30-П Солар,
- контролер управління сонячною системою СК868С9,
- теплоакумулятор ЕкоЕнергія АБ -800л,
- поживач СК728С1.

Також, підібрано тепловий насос NIBE F1345-60.

Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи опалення, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт, складений календарний план виконання робіт, в якому визначено склад ланок та розряд робітників.

Виконаний розрахунок техніко-економічних показників, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт 195 люд/дні та тривалість виконання монтажних робіт – 79 днів.

Проведено аналіз умов праці при виконанні монтажних робіт. В результаті виявленні основні небезпечні та шкідливі фактори праці та їх вплив на організм працюючих.

Складено локальний кошторис на підвищення енергоефективності системи опалення житлового будинку з використанням відновлювальних джерел енергії.

Згідно локального кошторису на будівельні роботи отримали, що кошторисна вартість становить 1528348 тис. грн., кошторисна трудомісткість становить 3182 тис.люд/год, кошторисна заробітня плата становить 670843 тис. грн., а середній розряд працівників 3,9.

Орієнтовна вартість системи становить 1528348 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прокладка горизонтальних колекторів для теплових насосів. Опалення будинку. Схема опалення будинку з тепловим насосом. URL: <https://pstroy-dv.ru/laying-of-horizontal-collectors-for-heat-pumps-house-heating.html> ( дата звернення 19.10.25р.)
2. Розрахунок потужності сонячного колектору. URL: <http://www.stroitel.lg.ua/poleznye-stati/otoplenie-igazosnabzhenie/raschet-moshhnosti-solnechnogo-kollektora/description.html>( дата звернення 24.10.25р.)
3. Підбір геліосистеми. URL: <https://eco-tech.com.ua/p288333268-vsesezonnaya-geliosistema-osnove.htm>( дата звернення 28.10.25р.)
4. Характеристики сонячного колектора Атмосфера СВК-А20. URL: <https://220volt.com.ua/solnechnij-kollektor-atmosfera-svk-a-20/>( дата звернення 10.11.25р.)
5. Характеристики фанкойлу Mitsushito MFF4-150. URL: <https://klimatik.ua/otoplenie/fankoyly/napolnye-fankoyly/napolniy-fankojl-mitsushito-mff-150>( дата звернення 19.11.25р.)
6. Скільки зекономить тепловий насос. URL: <https://freenergy.com.ua/economy/> дата звернення 21.11.25р.)
7. Характеристики теплового насосу NIBE F1345. URL: <https://www.nibe.ua/ru/Products/Ground-heat-pumps/nibe-f1345/#overview>
8. Монтаж сонячних колекторів URL: <https://teplosoft.com.ua/montazh-sonyachnix-kolektoriv-u-lvovi-i-lvivskij-oblasti> ( дата звернення 29.11.25р.)
9. Альтернативне опалення URL: <https://tvoeteplo.com.ua/alternatyvne-opalennya/>.( дата звернення 10.12.25р.)
10. Схема роботи теплового насосу URL <https://heatofground.com.ua/>( дата звернення 11.11.25р.)
11. Особливості систем опалення що працюють з тепловим насосом URL: <https://freenergy.com.ua/opalennya-teplovim-nasosom/61>( дата звернення 19.11.25р.)
12. Переваги і недоліки теплових насосів URL: <https://mycond-heatpump.com.ua/preimushhestva-i-nedostatki-teplovykh-n/>( дата звернення 22.11.25р.)
13. Підбір теплового насосу URL: <https://www.nibe.ua/ru/Products/Ground-heat-pumps/>( дата звернення 22.11.25р.)
14. Комплектуючі для теплових насосів[URL: <http://teplonasos.ua/spec-complektuyschie/speckomplektmeny/>]( дата звернення 23.11.25р.)
15. ДСТУ Б В.2.5-44:2010. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами URL: <http://profidom.com.ua/v-2/v-2-5/1801-dstu-b-v-2-5-442010-projektuvanna-sistem-opalenna-budivel-z-teplovimi-nasosami>( дата звернення 23.11.25р.)
16. А. О. Редько, М. К. Безродний, М. В. Загорученко, Ратушняк, Г. С. Низькопотенційна енергетика: навчальний - Харків : ТОВ "Друкарня Мадрид". – 2016. – С. 412.

17. / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: навч. посібник /. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 170 с.
18. Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель: навчальний посібник / .- Вінниця: ВНТУ, 2006. - 106 с.
19. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Чинний від 2009-01-07. Вид. офіц.. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва, 2008. 68 с.
20. Закон України “Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/514-19#Text> (дата звернення 23.09.2025).
21. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Чинний від 2011-11-01. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2010. 123 с.
22. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Чинний від 2022-09-01. Вид. офіц.. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 23 с.
23. Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Проектування захисних конструкцій будівель за теплофізичними параметрами: навч. посіб. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2003. 78 с.
24. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Опалення – внутрішнє обладнання (збірник 18) (РЕКНБ). Чинний від. 2020-01-01. – К.:Держбуд України, 2020. 28 с.
25. ДБН В.2.5 – 67 :2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» Чинний від 2014-01-01. Вид.офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 232 с.
26. Підбір розширювального бака. Режим доступу: [http://www.ereflex.ru/reflex\\_podbor/](http://www.ereflex.ru/reflex_podbor/).
27. Підбір трубопроводів. Режим доступу: <https://prom.ua/p593350938-trubadlyateplotrass;all.html>.
28. Підбір фанкойла [Електронний ресурс]. <https://mitsushito.com/>
29. Кінаш Р.І., Жуковський С.С. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт : навч. посіб. Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с.
30. Ефективність використання теплового насоса[Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://6sotok-dom.com/dom/otoplenie/raschet-moshhnosti-teplovogonasosa.html>
31. Принципові схеми теплових насосів[Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://infobos.ru/str/911.html>
32. Панкевич О.Д. Організація будівництва : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2007. 86 с.

33. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Чинний від 2017-01-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 46 с
34. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12).  
Чинний від 2012-04-01. Вид. офіц. Київ: Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ), 2009. 120 с.

## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСБ  
к.т.н., проф. Ратушняк У.С.

"15" 12 2025 р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

за темою:

Системи опалення багатоповерхового житлового будинку  
підвищеної енергоефективності із застосуванням відновлювальних  
джерел енергії.

Виконав: магістрант гр. ТГ-24мі

Панченко А.Я.

Науковий керівник:

к. т. н., Слоболян Н.М.

"15" 12 2025 р.

**Назва роботи: Системи опалення багатоповерхового житлового будинку підвищеної енергоефективності із застосуванням відновлювальних джерел енергії.**

Призначення розробки та місце застосування.

Призначення системи – це забезпечення допустимих та оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях житлової будівлі. Системи опалення повинна відповідати вимогам економічності, гігієнічності та безпеки в пожежному відношенні. Систему опалення вибирається залежно від району будівництва, теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій та типу будівлі.

1. Основа для виконання робіт.

Завдання на магістерську кваліфікаційну роботу затверджено наказом № 313 “24” вересня 2025 року.

Основою для виконання робіт є архітектурно-будівельні креслення житлового будинку в м. Вінниця. Метою розробки є створення в приміщеннях будинку комфортних умов для жителів. Система базується на комбінованому застосуванні традиційних і нетрадиційних джерел енергії, а саме на використанні теплових насосів.

2. Джерела розробки.

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

3. 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.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація. Частина 1. Проектування. Частина 2. Будівництво».

4. Вимоги по стандартизації.

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

5. Вимоги з надійності до систем забезпечення мікроклімату :

Санітарно-гігієнічні — забезпечення та підтримка в приміщенні потрібних температур;

Економічні — забезпечення мінімуму приведених затрат (капітальні та на експлуатацію);

Будівельні — ув'язка з будівельними конструкціями;

Монтажні — забезпечення монтажу систем забезпечення мікроклімату індустріальними методами;

Експлуатаційні — простота та зручність обслуговування, керування та ремонту, надійність та безпечність систем і безперебійність їх роботи;

Естетичні — якісне співвідношення з внутрішнім архітектурним оздобленням приміщень.

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

1.1. Середня виробка обладнання на відмову, яка складає не менше 10 років

1.2. Середній повний строк служби не менше 20 років

1.3. Оцінку відповідності показників надійності – середню виробку обладнання на відмову провести на етапі приймальних випробувань експериментальним шляхом у відповідності з ДСТУ 3004-95.

1.4. На вироби повинні бути встановлені строки експлуатації

2. Ергономічні вимоги:

2.1. Розташування органів управління основного та допоміжного обладнання повинні забезпечувати роботу персоналу нагляду на протязі денної та нічної частини доби.

2.2. Виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточнюється на стадії приймальних випробувань.

### 3. Експлуатаційні та ремонтні вимоги.

Для виробів в період експлуатації повинні бути встановлені наступні види технічного обслуговування: сезонне ТО, регламентоване ТО, строки ТО і ДО повинні по можливості співпадати з строками обслуговування базового обладнання.

### 4. Порядок розробки випробування, приймання систем вентиляції:

Стадії розробки встановлюють відповідно з ДБН В.2.5-67:2013

«Опалення, вентиляція та кондиціонування»

Обов'язковими етапами дослідно-конструкторської роботи є:

- розроблення та затвердження з замовником функціональних та принципових схем, конструктивних компоновок та робочих креслень,
- розробка та узгодження програми та методики випробувань,
- узагальнення результатів виконаних робіт, вироблення рекомендацій і інструкцій.

5. Ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника.

6. Порядок приймання розробки здійснюється у відповідності із вимогами Держстандарту. Оцінка виконаної розробки і прийняття рішення по виконаній розробці виконує приймальна комісія, яку формує розробник.

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

Головою комісії призначається представник замовника.

7. Місце і строки випробувань визначають заздалегідь і попередньо узгоджують.

8. Перелік документів, що представляється на випробування визначаються у програмі випробувань.

9. Дане технічне завдання може узгоджуватись та доповнюватись в процесі проектування.

10. Етапи проектування та строки виконання магістерської кваліфікаційної дипломної роботи (табл.1).

Таблиця 1 - Етапи проектування МКР

№ з/п	Назва етапів МКР
1	Аналітичний огляд конструктивних рішень системи опалення.
2	Теоретичне та проєктне обґрунтування конструктивних особливостей системи опалення.
3	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень
4	Заходи з енергозбереження та охорони довкілля.
5	Техніко-економічні показники



Додаток Б

Таблиця 2.1. Тепловтрати 1-го поверху

№	Назва	Позначення	Орієнтація	Розмір		Площа	К, Вт/м2	$\Delta t$	n	Додаткові тепловтрати, %				Теплові втрати конструкції	Теплові втрати прим.	Площа прим.	Висота	Тепловтрати з вентил.	Заг. тепловтрати	Фанкойл	
				Ширина	Висота					Орієнт.	Вітер	Зовн. стіни	Заг.							тип	к-ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	7	8	19	20	21	22	#
101	Вігальня	ЗС	ПнСх	9	3.3	29.7	0.24	42	1	10	5	5	20	359.251	1758.90456	44.1	3.3	1387.2335	1746.485	Mitsubishi MFF4-150	2
		ЗС	ПнСх	5	3.3	16.2	0.24	42	1	10	5	5	20	195.592			3.3	755.27159	950.8639		
		ВС	ПдСх	9	3.3	29.7	0.24	42	1	5	5	5	15	344.282			3.3	1387.2335	1731.516		
		ВС	ПдСх	5	3.3	16.2	0.24	42	1	5	5	5	15	187.443			3.3	755.27159	942.7142		
		ВТ	ПдСх	2	1.5	2.4	2.9	42	1	5	5	5	15	336.168			1.5	50.9544	387.1224		
		ВТ	ПдСх	2	1.5	2.4	2.9	42	1	5	5	5	15	336.168			1.5	50.9544	387.1224		
		Під	--	1	1	1	0.24	42	1	-	-	-	0	6.6528			3.3	46.7082	53.361		
		ЗС	ПнЗх	9	3.3	29.7	0.24	42	1	10	5	5	20	359.251					3.3		

103	Вітальня	ЗС	ПнЗх	5	3.3	16.2	0.24	42	1	10	5	5	20	195.592	1758.90456	44.1	3.3	755.27159	950.8639	Mitsushito MFF4-	2
		ВС	ПдЗх	9	3.3	29.7	0.24	42	1	5	5	5	15	344.282			3.3	1387.2335	1731.516		
		ВС	ПдЗх	5	3.3	16.2	0.24	42	1	5	5	5	15	187.443			3.3	755.27159	942.7142		
		ВТ	ПдЗх	2	1.5	2.4	2.9	42	1	5	5	5	15	336.168			1.5	50.9544	387.1224		
		ВТ	ПдЗх	2	1.5	2.4	2.9	42	1	5	5	5	15	336.168			1.5	50.9544	387.1224		
		Під	--	1	1	1	0.24	42	1				1	25.2			3.3	46.7082	71.9082		
104	Кухня	ЗС	ПнЗх	2	3.3	7.92	0.24	41	1	10	5		15	89.6227	599.22648	10.08	3.3	361.12111	450.7438	Mitsushito	1
		ВС	ПнЗх	4	3.3	13.9	0.24	41	1	10	5		15	156.84			3.3	631.96195	788.8017		
		ВТ	ПнЗх	2	1.5	2.4	2.9	41	1	10	5		15	328.164			1.5	49.7412	377.9052		
		Під					0.24	41	1					24.6			1	13.817	38.417		
107	Кухня	ЗС	ПнЗх	2	3.3	7.92	0.24	41	1	10	5		15	89.6227	599.22648	10.08	3.3	361.12111	450.7438	Mitsushito	1
		ВС	ПнЗх	4	3.3	13.9	0.24	41	1	10	5		15	156.84			3.3	631.96195	788.8017		
		ВТ	ПнЗх	2	1.5	2.4	2.9	41	1	10	5		15	328.164			1.5	49.7412	377.9052		
		Під					0.24	41	1				1	24.6			1	13.817	38.417		
110	Вітальня	ЗС	ПдЗх	5	3.3	8.6	0.24	42	1	5	5	5	15	99.6912	1234.998	47.7	3.3	401.69052	501.3817	Mitsushito MFF4-	2
		ЗС	ПдЗх	9	3.3	12.3	0.24	42	1	5	5	5	15	142.582			3.3	574.51086	717.0925		
		ВС	ПдЗх	5	3.3	8.6	0.24	42	1	5	5	5	15	99.6912			3.3	401.69052	501.3817		
		ВТ	ПдЗх	2	1.5	3.1	2.9	42	1	5	5	5	15	434.217			1.5	65.8161	500.0331		
		ВТ	ПдЗх	2	1.5	3.1	2.9	42	1	5	5	5	15	434.217			1.5	65.8161	500.0331		
		Під					0.24	42	1				0	24.6			1	14.154	38.754		
111	Спальня	ЗС	Пд	2	3.3	5.6	0.24	42	1	5	5		10	62.0928	597.3876	12.19	3.3	261.56592	323.6587	Mitsushito	1
		ВС	Пд	5	3.3	8.6	0.24	42	1	5	5		10	95.3568			3.3	401.69052	497.0473		
		ВТ	Пд	2	1.5	3.1	2.9	42	1	5	5		10	415.338			1.5	65.8161	481.1541		
		Під	Пд				0.24	42	1				0	24.6			1	14.154	38.754		
я		ЗС	ПдСх	5	3.3	8.6	0.24	42	1	5	5	5	15	99.6912	18		3.3	401.69052	501.3817	MFF4-	
		ЗС	ПдСх	9	3.3	12.3	0.24	42	1	5	5	5	15	142.582			3.3	574.51086	717.0925		

112	Віталы	ВС	ПдСх	5	3.3	8.6	0.24	42	1	5	5	5	15	99.6912	1234.99	47.7	3.3	401.69052	501.3817	Mitsushito I	2
		ВТ	ПдСх	2	1.5	3.1	2.9	42	1	5	5	5	15	434.217			1.5	65.8161	500.0331		
		ВТ	ПдСх	2	1.5	3.1	2.9	42	1	5	5	5	15	434.217			1.5	65.8161	500.0331		
		Під				0	0.24	42	1				0	24.6			1	14.154	38.754		
113	Кухня	ЗС	ПдСх	2	3.3	7.92	0.24	41	1	5	5		10	85.7261	590.64272	10.08	3.3	361.12111	446.8472	Mitsushito I	1
		ВС	ПдСх	4	3.3	13.9	0.24	41	1	5	5		10	150.021			3.3	631.96195	781.9826		
		ВТ	ПдСх	2	1.5	2.4	2.9	41	1	5	5		10	313.896			1.5	49.7412	363.6372		
		Під					0.24	41	1				0	41			1	13.817	54.817		
118	Кухня	ЗС	ПнСх	2	3.3	7.92	0.24	41	1	10	5		15	89.6227	599.22648	10.08	3.3	361.12111	450.7438	Mitsushito I	1
		ВС	ПнСх	4	3.3	13.9	0.24	41	1	10	5		15	156.84			3.3	631.96195	788.8017		
		ВТ	ПнСх	2	1.5	2.4	2.9	41	1	10	5		15	328.164			1.5	49.7412	377.9052		
		Під					0.24	41	1					24.6			1	13.817	38.417		
Загальні																		24947.06			

Додаток В

Таблиця 2.1. Тепловтрати 4-го поверху

№	Назва	Позначення	Орієнтація	Розмір		Площа	К, Вт/м2	Δt	n	Додаткові тепловтрати, %				Теплові втрати конструкції	Теплові втрати прим.	Площа прим.	Висота	Тепловтрати з вентил.	Заг. тепловтрати	тип
				Ширина	Висота					Орієнт.	Вітер	Зовн. стіни	Заг.							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	7	8	19	20	21	22
401	Жит. кімна	ЗС	ПнСх	5.3	3.3	17.5	0.24	42	1	10	5	5	20	211.559	719.86824	23.85	3.3	816.92642	1028.485	Mitsushito
		ВС	ПдСх	4.5	3.3	14.9	0.24	42	1	5	5	5	15	172.141				693.61677	865.758	
		ВТ	ПдСх	1.6	1.5	2.4	2.9	42	1	5	5	5	15	336.168				50.9544	387.1224	
		Дах	--	1	1	1	0.24	42	1	-	-	-	0	6.6528				46.7082	53.361	
404	Жит. кімна	ЗС	ПнЗх	5.3	3.3	17.5	0.24	42	1	10	5	5	20	211.559	719.86824	23.85	3.3	816.92642	1028.485	Mitsushito
		ВС	ПдЗх	4.5	3.3	14.9	0.24	42	1	5	5	5	15	172.141				693.61677	865.758	
		ВТ	ПдЗх	1.6	1.5	2.4	2.9	42	1	5	5	5	15	336.168				50.9544	387.1224	
		Дах	--	1	1	1	0.24	42	1				1	25.2				46.7082	71.9082	

Фанкойл

21	кімна	ЗС	ПнЗх	5.3	3.3	17.5	0.24	41	1	10	5		15	197.917	718.72344	23.85	3.3	797.47579	995.3926	Mitsushito
		ВС	ПнЗх	4.5	3.3	14.9	0.24	41	1	10	5		15	168.043			3.3	677.10209	845.1447	
		ВТ	ПнЗх	1.6	1.5	2.4	2.9	41	1	10	5		15	328.164			1.5	49.7412	377.9052	
		Дах					0.24	41	1					24.6			1	13.817	38.417	
406	Жит. кімна	ЗС	ПнЗх	5.3	3.3	17.5	0.24	41	1	10	5		15	197.917	718.72344	23.85	3.3	797.47579	995.3926	Mitsushito
		ВС	ПнЗх	4.5	3.3	14.9	0.24	41	1	10	5		15	168.043			3.3	677.10209	845.1447	
		ВТ	ПнЗх	1.6	1.5	2.4	2.9	41	1	10	5		15	328.164			1.5	49.7412	377.9052	
		Дах					0.24	41	1					24.6			1	13.817	38.417	
407	Жит. кімна	ЗС	ПнЗх	5.3	3.3	17.5	0.24	41	1	10	5		15	197.917	718.72344	23.85	3.3	797.47579	995.3926	Mitsushito
		ВС	ПнЗх	4.5	3.3	14.9	0.24	41	1	10	5		15	168.043			3.3	677.10209	845.1447	
		ВТ	ПнЗх	1.6	1.5	2.4	2.9	41	1	10	5		15	328.164			1.5	49.7412	377.9052	
		Дах					0.24	41	1					24.6			1	13.817	38.417	
410	Жит. кімна	ЗС	ПдЗх	5.3	3.3	8.6	0.24	42	1	5	5	5	15	99.6912	648.9258	23.85	3.3	401.69052	501.3817	Mitsushito
		ЗС	ПдЗх	4.5	3.3	7.8	0.24	42	1	5	5	5	15	90.4176			3.3	364.32396	454.7416	
		ВТ	ПдЗх	1.6	1.5	3.1	2.9	42	1	5	5	5	15	434.217			1.5	65.8161	500.0331	
		Дах					0.24	42	1					24.6			0	14.154	38.754	
411	Жит. кімна	ЗС	Пд	5.3	3.3	8.6	0.24	42	1	5	5		10	95.3568	621.7812	23.85	3.3	401.69052	497.0473	Mitsushito
		ВС	Пд	4.5	3.3	7.8	0.24	42	1	5	5		10	86.4864			3.3	364.32396	450.8104	
		ВТ	Пд	1.6	1.5	3.1	2.9	42	1	5	5		10	415.338			1.5	65.8161	481.1541	
		Дах	Пд				0.24	42	1					0			24.6	1	14.154	
412	Жит. кімна	ЗС	ПдСх	5.3	3.3	8.6	0.24	42	1	5	5	5	15	99.6912	648.9258	23.85	3.3	401.69052	501.3817	Mitsushito
		ВС	ПдСх	4.5	3.3	7.8	0.24	42	1	5	5	5	15	90.4176			3.3	364.32396	454.7416	
		ВТ	ПдСх	1.6	1.5	3.1	2.9	42	1	5	5	5	15	434.217			1.5	65.8161	500.0331	
		Дах				0	0.24	42	1					0			24.6	1	14.154	
422	Жит. кімна	ЗС	ПдСх	5.3	3.3	17.5	0.24	41	1	5	5		10	189.312	694.2284	23.85	3.3	797.47579	986.7875	Mitsushito
		ВС	ПдСх	4.2	3.3	13.9	0.24	41	1	5	5		10	150.021			3.3	631.96195	781.9826	
		ВТ	ПдСх	1.6	1.5	2.4	2.9	41	1	5	5		10	313.896			1.5	49.7412	363.6372	
		Дах					0.24	41	1					0			41	1	13.817	
21	кімна	ЗС	ПнСх	5.3	3.3	17.5	0.24	41	1	10	5		15	197.917	5206	85	3.3	797.47579	995.3926	Mitsushito
		ВС	ПнСх	4.2	3.3	13.9	0.24	41	1	10	5		15	156.84			3.3	631.96195	788.8017	

4	Жит.	ВТ	ПнСх	1.6	1.5	2.4	2.9	41	1	10	5	15	328.164	707	23	1.5	49.7412	377.9052	Mitsu
	Дах						0.24	41	1				24.6		1	13.817	38.417		
																	Загальні	18047.04	
																	По будинк	85988.28	

К-ТЪ
23
1
1





Додаток С

Табл. С1 Гідравлічний розрахунок системи опалення

Гідравлічний розрахунок стояка №1								
№ ділянки	Теплове навантаження Q,Вт	Витрата теплоносія G,кг/год	Довжина ділянки l,м	Діаметр d,м	Швидкість V,м/сек	Re	$\lambda$	$\Sigma\zeta$
1	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	7
1a	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	7
2	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3
2a	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3
3	5930.5	255.0115	2.7	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3
3a	5930.5	255.0115	2.7	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3
4	7858.5	337.9155	6.2	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3
4a	7858.5	337.9155	6.2	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3
5	9786.5	420.8195	3.7	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16
5a	9786.5	420.8195	3.7	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16
6	11810.5	507.8515	2.7	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6
6a	11810.5	507.8515	2.7	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6
7	12635.5	543.3265	6.2	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3
7a	12635.5	543.3265	6.2	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3
8	13360	574.48	3.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
8a	13360	574.48	3.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
9	14084.5	605.6335	2.7	0.02	0.55	29729.73	0.0847	2
9a	14084.5	605.6335	2.7	0.02	0.55	29729.73	0.0847	2
10	15032.5	646.3975	6.7	0.02	0.6	32432.43	0.0847	2
10a	15032.5	646.3975	6.7	0.02	0.6	32432.43	0.0847	2
11	17056.5	733.4295	3.7	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
11a	17056.5	733.4295	3.7	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
12	2024	87.032	2.7	0.02	0.15	8108.11	0.0851	7
12a	2024	87.032	3.3	0.02	0.15	8108.11	0.0851	7
13	2024	87.032	3.3	0.02	0.15	8108.11	0.0851	12
13a	2024	87.032	3.3	0.02	0.15	8108.11	0.0851	13
14	2024	87.032	3.3	0.02	0.15	8108.11	0.0851	14
14a	2024	87.032	3.3	0.02	0.15	8108.11	0.0851	15
Гідравлічний розрахунок стояка №2								
№ ділянки	Теплове навантаження Q,Вт	Витрата теплоносія G,кг/год	Довжина ділянки l,м	Діаметр d,м	Швидкість V,м/сек	Re	$\lambda$	$\Sigma\zeta$
15	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	7
15a	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	7

16	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3
16a	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3
17	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3
17a	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3
18	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3
18a	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3
19	9786.5	420.8195	2.7	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16
19a	9786.5	420.8195	2.7	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16
20	20398	877.114	6.2	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6
20a	20398	877.114	6.2	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6
21	21223	912.589	3.7	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3
21a	21223	912.589	3.7	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3
22	21947.5	943.7425	2.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
22a	21947.5	943.7425	2.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
23	22672	974.896	6.2	0.02	0.55	29729.73	0.0847	2
23a	22672	974.896	6.2	0.02	0.55	29729.73	0.0847	2
24	23620	1015.66	3.7	0.02	0.6	32432.43	0.0847	2
24a	23620	1015.66	3.7	0.02	0.6	32432.43	0.0847	2
25	23620	1015.66	2.7	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
25a	34231.5	1471.955	2.7	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
26	10611.5	456.2945	3.3	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
26a	10611.5	456.2945	3.3	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
27	10611.5	456.2945	3.3	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
27a	10611.5	456.2945	3.3	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6

Гідравлічний розрахунок стояка №3

№ ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	Діаметр d, м	Швидкість V, м/сек	Re	$\lambda$	$\Sigma \zeta$
28	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	7
28a	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	7
29	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3
29a	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3
30	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3
30a	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3
31	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3
31a	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3
32	9786.5	420.8195	2.7	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16
32a	9786.5	420.8195	2.7	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16
33	21122.5	908.2675	6.2	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6
33a	21122.5	908.2675	6.2	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6

34	21947.5	943.7425	3.7	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3
34a	21947.5	943.7425	3.7	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3
35	22672	974.896	2.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
35a	22672	974.896	2.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
36	23396.5	1006.05	6.2	0.02	0.55	29729.73	0.0847	2
36a	23396.5	1006.05	6.2	0.02	0.55	29729.73	0.0847	2
37	24344.5	1046.814	3.7	0.02	0.6	32432.43	0.0847	2
37a	24344.5	1046.814	3.7	0.02	0.6	32432.43	0.0847	2
38	35680.5	1534.262	2.7	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
38a	35680.5	1534.262	2.7	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
39	11336	487.448	3.3	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
39a	11336	487.448	3.3	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
40	11336	487.448	3.3	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6
40a	11336	487.448	3.3	0.02	0.67	36216.22	0.0847	6

Гідравлічний розрахунок стояка №4

№ ділянки	Теплове навантаження Q,Вт	Витрата теплоносія G,кг/год	Довжина ділянки l,м	Діаметр d,м	Швидкість V,м/сек	Re	$\lambda$	$\Sigma \zeta$
41	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	7
41a	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	7
42	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3
42a	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3
43	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3
43a	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3
44	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3
44a	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3
45	9786.5	420.8195	6.2	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16
45a	9786.5	420.8195	6.2	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16
46	9786.5	420.8195	3.7	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6
46a	9786.5	420.8195	3.7	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6
47	10611.5	456.2945	6.2	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3
47a	10611.5	456.2945	6.2	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3
48	11336	487.448	3.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
48a	11336	487.448	3.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
49	12060.5	518.6015	3.3	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
49a	12060.5	518.6015	3.3	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
50	12785	549.755	3.3	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5
50a	12785	549.755	3.3	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5

P, Па
343.6
343.6
512.2
512.2
852.2
852.2
3249.8
3249.8
5415.3
5415.3
4431.9
4431.9
9020.1
9020.1
2520.4
2520.4
2018.9
2018.9
5376.6
5376.6
4721.1
4721.1
200.6
228.6
283.5
294.4
305.4
316.4
P, Па
343.6
343.6

512.2
512.2
1771.7
1771.7
2045.1
2045.1
4589.4
4589.4
8468.2
8468.2
5676.8
5676.8
2003.9
2003.9
4206.0
4206.0
3146.0
3146.0
3794.1
3794.1
4350.3
4350.3
4350.3
4350.3
P, Па
343.6
343.6
512.2
512.2
1771.7
1771.7
2045.1
2045.1
4589.4
4589.4
8468.2
8468.2

5676.8
5676.8
2003.9
2003.9
4206.0
4206.0
3146.0
3146.0
3794.1
3794.1
4350.3
4350.3
4350.3
4350.3
P, Па
343.6
343.6
512.2
512.2
1771.7
1771.7
2045.1
2045.1
7480.0
7480.0
5585.2
5585.2
9020.1
9020.1
2520.4
2520.4
2313.8
2313.8
2313.8
2313.8

## Додаток С

Табл. С1 Гідравлічний розрахунок системи опалення

Гідравлічний розрахунок стояка №2									
№ ділянки	Теплове Навантаження Q,Вт	Витрата Теплоносія G,кг/год	Довжина ділянки l,м	Діаметр d,м	Швидкість V,м/сек	Re	$\lambda$	$\Sigma\zeta$	P, Па
1	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	6.8	343.6
1a	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	6.8	343.6
2	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3.05	512.2
2a	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3.05	512.2
3	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3.05	1771.7
3a	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3.05	1771.7
4	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3.05	2045.1
4a	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3.05	2045.1
5	9786.5	420.8195	2.7	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16	4589.4
5a	9786.5	420.8195	2.7	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16	4589.4
6	11810.5	507.8515	6.2	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6.4	8468.2
6a	11810.5	507.8515	6.2	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6.4	8468.2
7	12635.5	543.3265	3.7	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3.05	5676.8
7a	12635.5	543.3265	3.7	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3.05	5676.8
8	13360	574.48	2.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5	2003.9
8a	13360	574.48	2.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5	2003.9
9	14084.5	605.6335	6.2	0.02	0.55	29729.73	0.0847	2.25	4206.0
9a	14084.5	605.6335	6.2	0.02	0.55	29729.73	0.0847	2.25	4206.0
10	15032.5	646.3975	3.7	0.02	0.6	32432.43	0.0847	2.25	3146.0
10a	15032.5	646.3975	3.7	0.02	0.6	32432.43	0.0847	2.25	3146.0
11	15032.5	646.3975	2.7	0.02	0.67	36216.22	0.0847	5.9	3794.1
11a	15032.5	646.3975	2.7	0.02	0.67	36216.22	0.0847	5.9	3794.1

## Додаток С

Табл. С1 Гідравлічний розрахунок системи опалення

Гідравлічний розрахунок стояка №3									
№ ділянки	Теплове Навантаження Q, Вт	Витрата Теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	Діаметр d, м	Швидкість V, м/сек	Re	$\lambda$	$\Sigma \zeta$	P, Па
1	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	6.8	343.6
1a	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	6.8	343.6
2	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3.05	512.2
2a	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3.05	512.2
3	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3.05	1771.7
3a	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3.05	1771.7
4	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3.05	2045.1
4a	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3.05	2045.1
5	9786.5	420.8195	2.7	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16	4589.4
5a	9786.5	420.8195	2.7	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16	4589.4
6	9786.5	420.8195	6.2	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6.4	8468.2
6a	9786.5	420.8195	6.2	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6.4	8468.2
7	10611.5	456.2945	3.7	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3.05	5676.8
7a	10611.5	456.2945	3.7	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3.05	5676.8
8	11336	487.448	2.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5	2003.9
8a	11336	487.448	2.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5	2003.9
9	12060.5	518.6015	6.2	0.02	0.55	29729.73	0.0847	2.25	4206.0
9a	12060.5	518.6015	6.2	0.02	0.55	29729.73	0.0847	2.25	4206.0
10	13008.5	559.3655	3.7	0.02	0.6	32432.43	0.0847	2.25	3146.0
10a	13008.5	559.3655	3.7	0.02	0.6	32432.43	0.0847	2.25	3146.0
11	13008.5	559.3655	2.7	0.02	0.67	36216.22	0.0847	5.9	3794.1
11a	13008.5	559.3655	2.7	0.02	0.67	36216.22	0.0847	5.9	3794.1

## Додаток С

Табл. С1 Гідравлічний розрахунок системи опалення

Гідравлічний розрахунок стояка №4									
№ ділянки	Теплове Навантаження Q, Вт	Витрата Теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	Діаметр d, м	Швидкість V, м/сек	Re	$\lambda$	$\Sigma \zeta$	P, Па
1	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	6.8	343.6
1a	1998	356	6.2	0.016	0.13	5621.62	0.0901	6.8	343.6
2	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3.05	512.2
2a	3964.5	170.4735	3.7	0.016	0.21	9081.08	0.0898	3.05	512.2
3	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3.05	1771.7
3a	5930.5	255.0115	6.2	0.016	0.31	13405.41	0.0897	3.05	1771.7
4	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3.05	2045.1
4a	7858.5	337.9155	3.7	0.016	0.42	18162.16	0.0897	3.05	2045.1
5	9786.5	420.8195	6.2	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16	7480.0
5a	9786.5	420.8195	6.2	0.016	0.55	23783.78	0.0896	16	7480.0
6	9786.5	420.8195	3.7	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6.4	5585.2
6a	9786.5	420.8195	3.7	0.016	0.65	28108.11	0.0896	6.4	5585.2
7	10611.5	456.2945	6.2	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3.05	9020.1
7a	10611.5	456.2945	6.2	0.016	0.7	30270.27	0.0896	3.05	9020.1
8	11336	487.448	3.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5	2520.4
8a	11336	487.448	3.7	0.02	0.5	27027.03	0.0848	5	2520.4

Додаток А - Висновок про перевірку МКР на плагіат

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ  
НАЗВА РОБОТИ: СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ПІДВИЩЕНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(БКР, МКР)

Підрозділ кафедра ІСБ, факультет БЦЕІ  
(кафедра, факультет)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 17,31 %

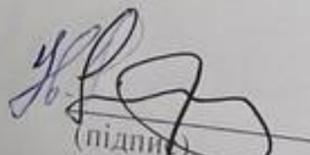
Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)  
 Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийнято до захисту.

У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

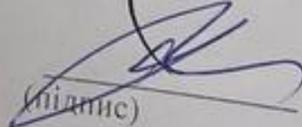
У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Коц В.І., к.т.н., професор каф. ІСБ  
(прізвище, ініціали, посада)

  
(підпис)

Ратушняк Г.С., к.т.н., професор каф. ІСБ  
(прізвище, ініціали, посада)

  
(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку:

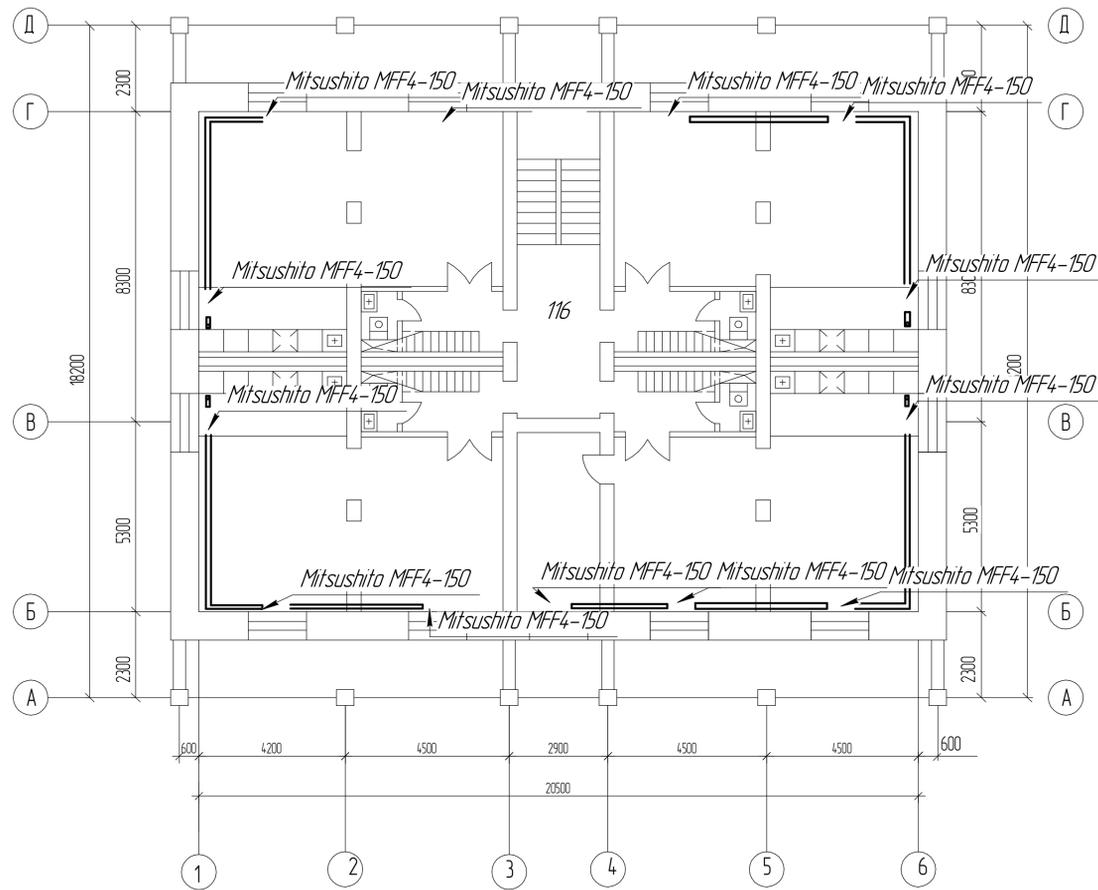
к.т.н., доцент каф. ІСБ Слободян Н.М.  
(прізвище, ініціали)

  
(підпис)  
З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник Слободян Н.М., к.т.н., доцент каф. ІСБ  
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Здобувач Панченко А.Я.

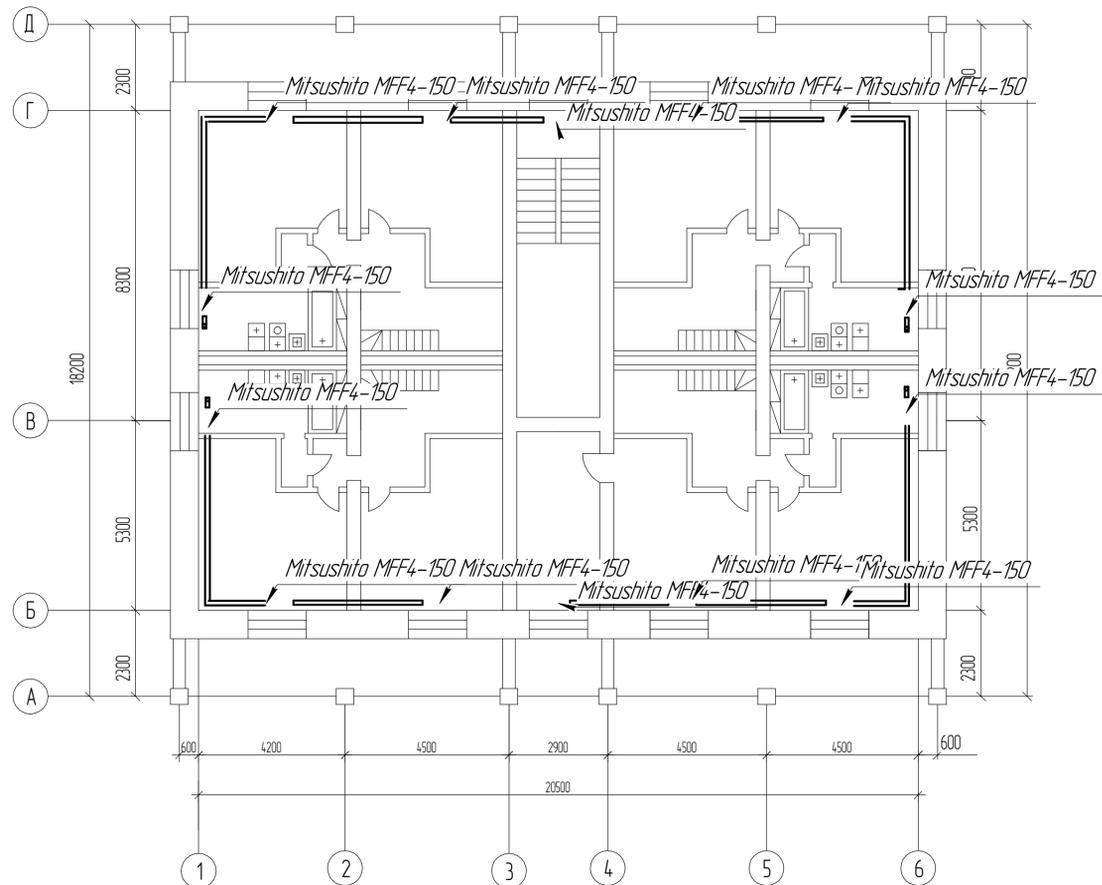
Схема системи опалення на плані 1-го поверху (1:100)



Експлікація приміщень першого поверху

№ приміщення	Назва приміщення	Площа	Примітки
101	Вітальня	44,1	
103	Вітальня	44,1	
104	Кухня	10,08	
105	Сан. вузол	3,02	
107	Кухня	10,02	
108	Сан. вузол	3,02	
110	Вітальня	47,7	
111	Спальня	12,19	
112	Вітальня	47,7	
113	Кухня	10,02	
114	Сан. вузол	3,02	
117	Сан. вузол	3,02	
118	Кухня	10,02	

Схема системи опалення на плані 2-го поверху (1:100)



Експлікація приміщень другого поверху

№ приміщення	Назва приміщення	Площа	Примітки
201	Житлова кімната	23,85	
202	Житлова кімната	23,85	
203	Коридор	15,3	
204	Сан. вузол	15,3	
205	Тамбур	26,39	
206	Житлова кімната	23,85	
207	Житлова кімната	23,85	
208	Сан. вузол	15,3	
209	Коридор	15,3	
210	Сан. вузол	15,3	
211	Коридор	15,3	
212	Житлова кімната	23,85	
213	Жтлова кімната	23,85	
214	Спальня	12,19	
215	Житлова кімната	23,85	
216	Житлова кімната	23,85	
217	Сан. вузол	15,3	
218	Коридор	15,3	

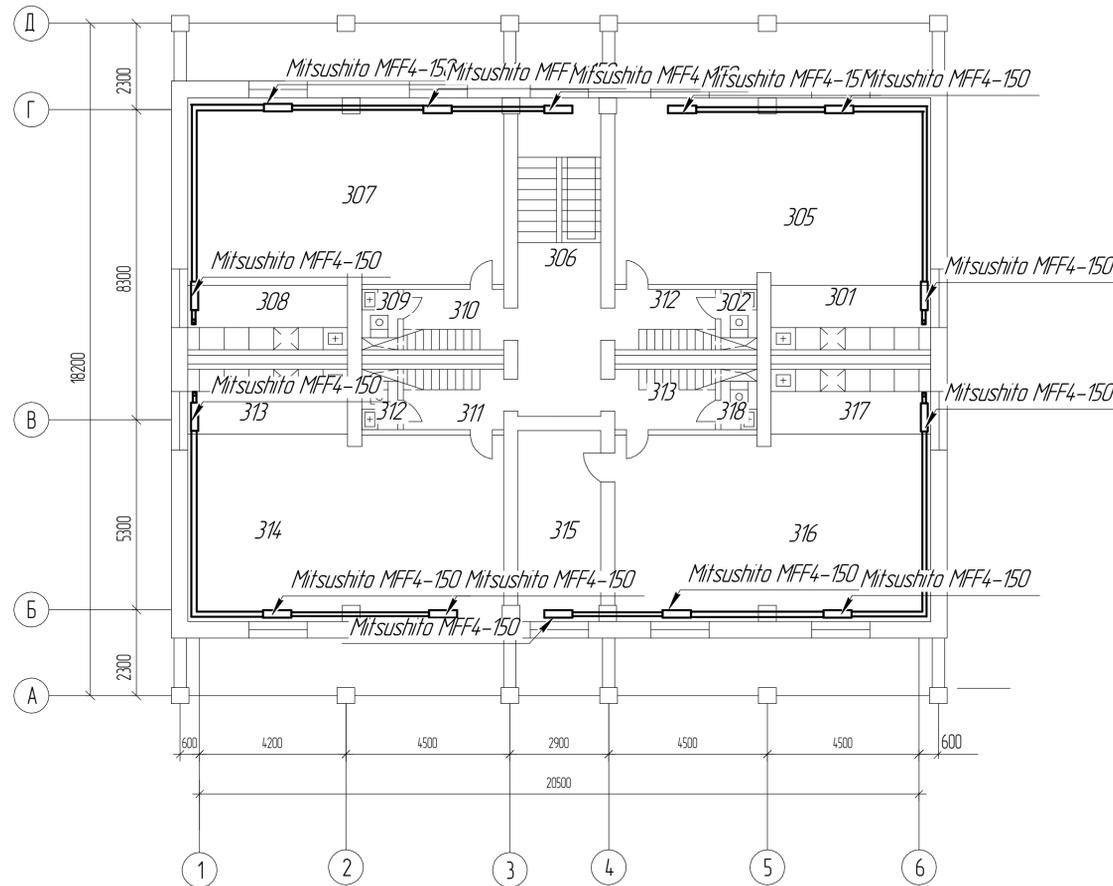
№ об'єкту		Підпис		Дата	
Розроб	Панченко А.Я.				
Перевірив	Слободян Н.М.				
Опалення	Мірошнін А.С.				
Н. конт.	Павлюк О.Д.				
Затв.	Ратушняк Г.С.				

08-13.МКР.128.00.000

Схема опалення житлового будинку		
Схема опалення 1-го та 2-го поверху, експлікація приміщень	Лист	Листів
	1	7

ВНТУ, зр. ТГ-24мі

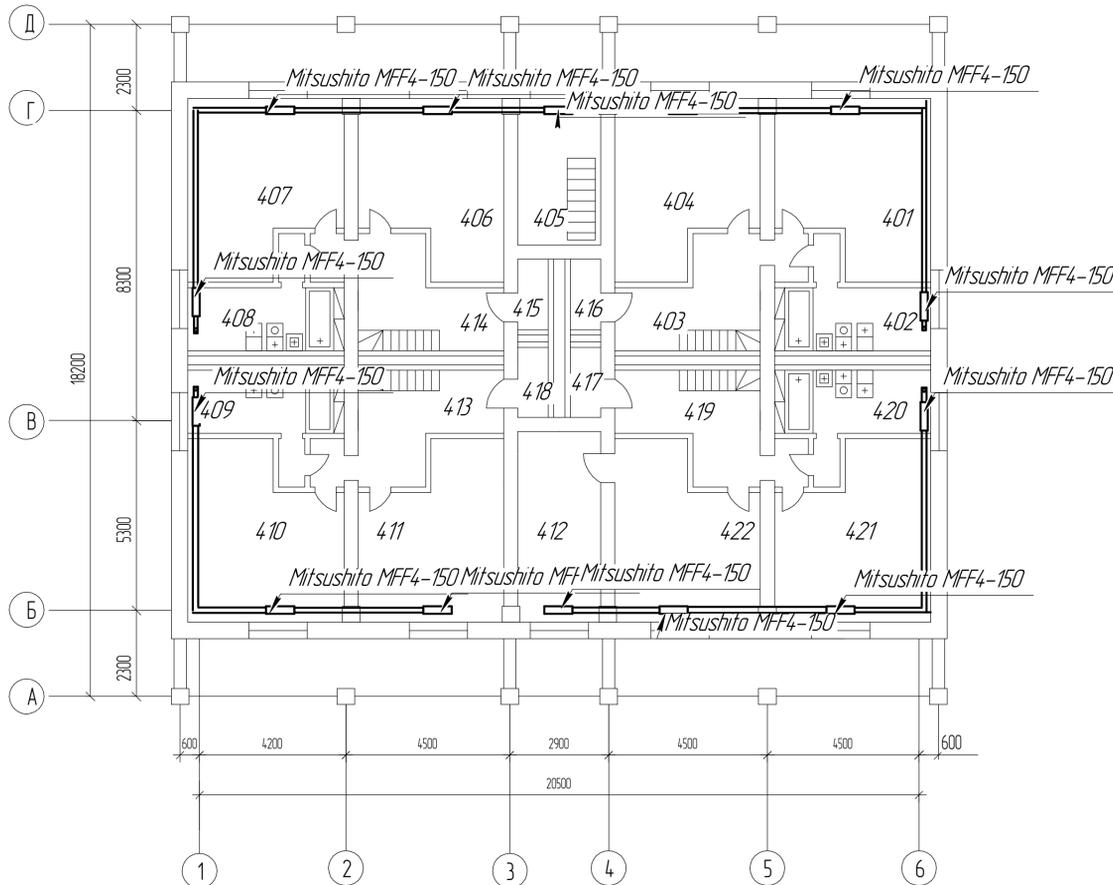
Схема системи опалення на плані 3-го поверху (1:100)



Експлікація приміщень третього поверху

№ приміщення	Назва приміщення	Площа	Примітки
301	Кухня	10,08	
302	Сан. вузол	3,2	
305	Вітальня	44,1	
306	Тамбур	26,39	
307	Вітальня	44,1	
308	Кухня	10,08	
309	Сан. вузол	3,2	
310	Коридор	15,3	
311	Коридор	15,3	
312	Сан. вузол	3,2	
313	Кухня	10,08	
314	Вітальня	4,7,7	
315	Спальня	12,19	
316	Вітальня	4,7,7	
317	Кухня	10,08	
318	Сан. вузол	3,2	

Схема системи опалення на плані 4-го поверху (1:100)

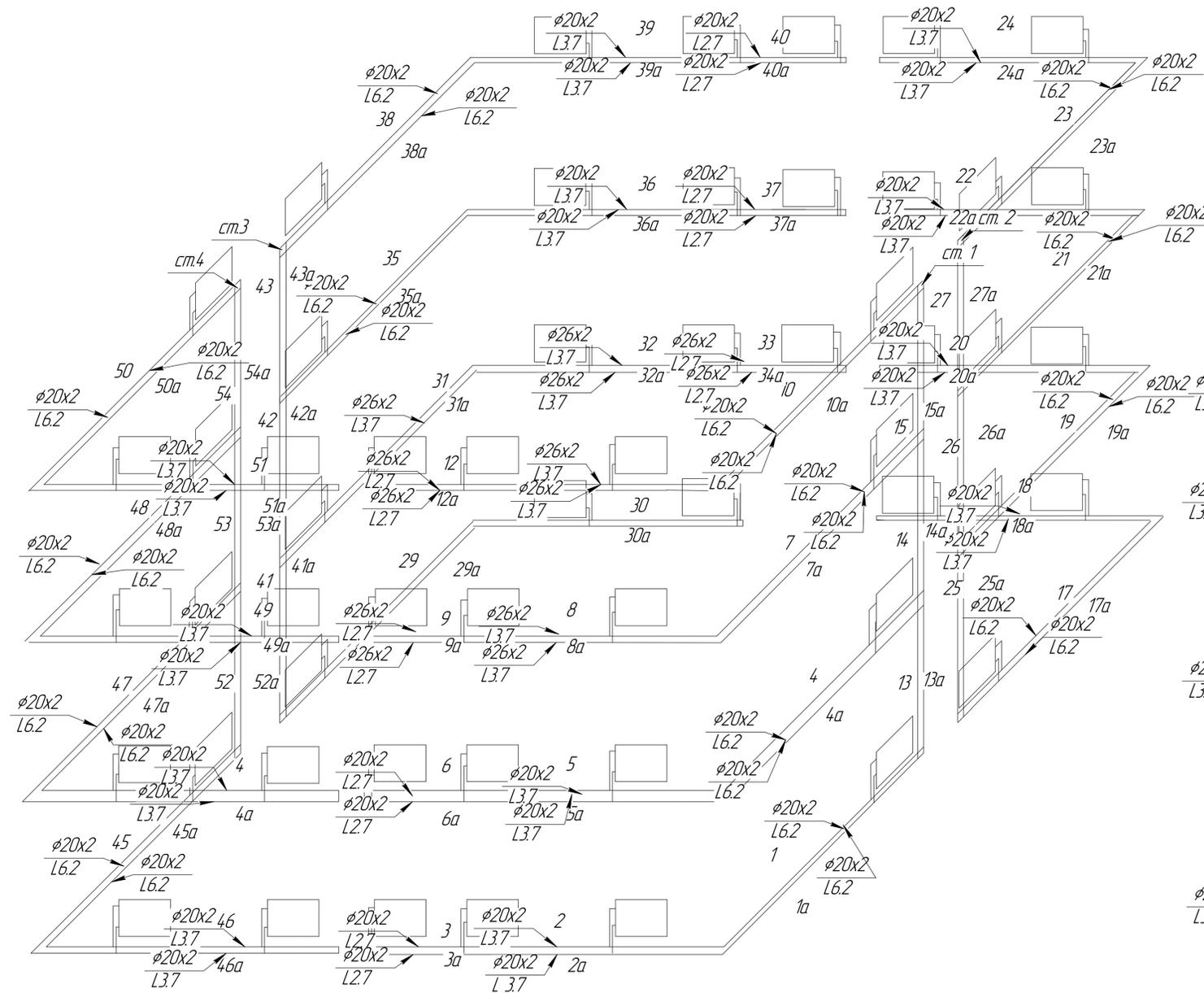


Експлікація приміщень четвертого поверху

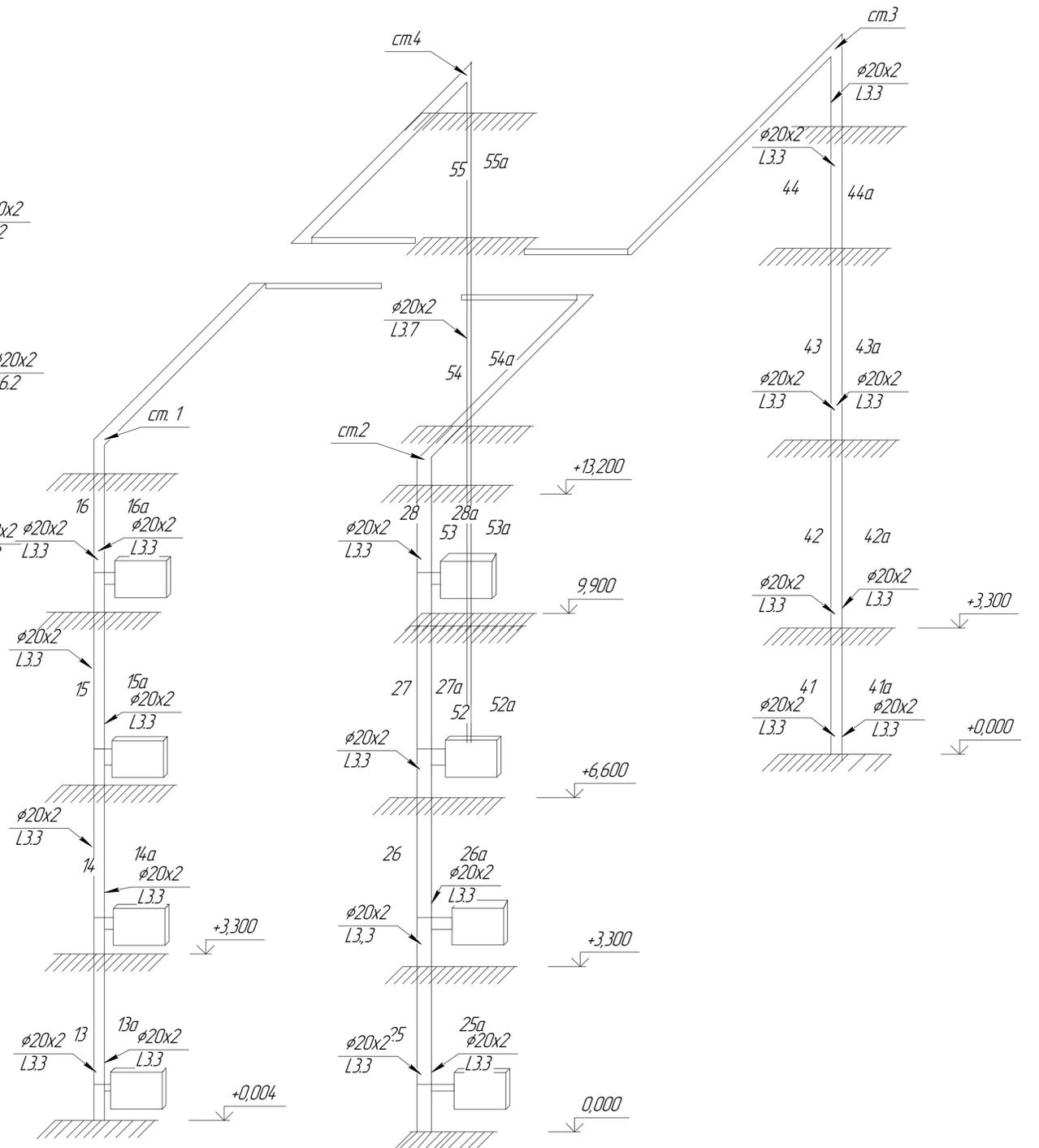
№ приміщення	Назва приміщення	Площа	Примітки
401	Житлова кімната	23,85	
402	Сан. вузол	15,3	
403	Коридор	15,3	
404	Житлова кімната	23,85	
405	Тамбур		
406	Житлова кімната	23,85	
407	Житлова кімната	23,85	
408	Сан. вузол	15,3	
409	Сан. вузол	15,3	
410	Житлова кімната	23,85	
411	Житлова кімната	23,85	
412	Спальня	12,19	
413	Коридор	15,3	
414	Коридор	15,3	
415	Комара	1,52	
416	Комара	1,52	
417	Комара	1,52	
418	Комара	1,52	
419	Коридор	15,3	
420	Сан. вузол	15,3	
421	Житлова кімната	23,85	
422	Житлова кімната	23,85	

№ об'єкту	Підпис	Дата	08-13.МКР.128.00.000					
Розроб	Павленко А.Я.							
Перевірив	Слодовий Н.М.		Система опалення житлового будинку					
Опалення	Морозов А.С.							
Н. конт.	Павленко О.Д.					Сторінка	Лист	Листів
Замов.	Ратушняк Г.С.						2	7
			Схема опалення 1-го та 2-го поверху, експлікація приміщень					
			ВНТУ, пр. ТГ-24мі					

# АКСОНОМЕТРИЧНІ СХЕМИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ 1:100



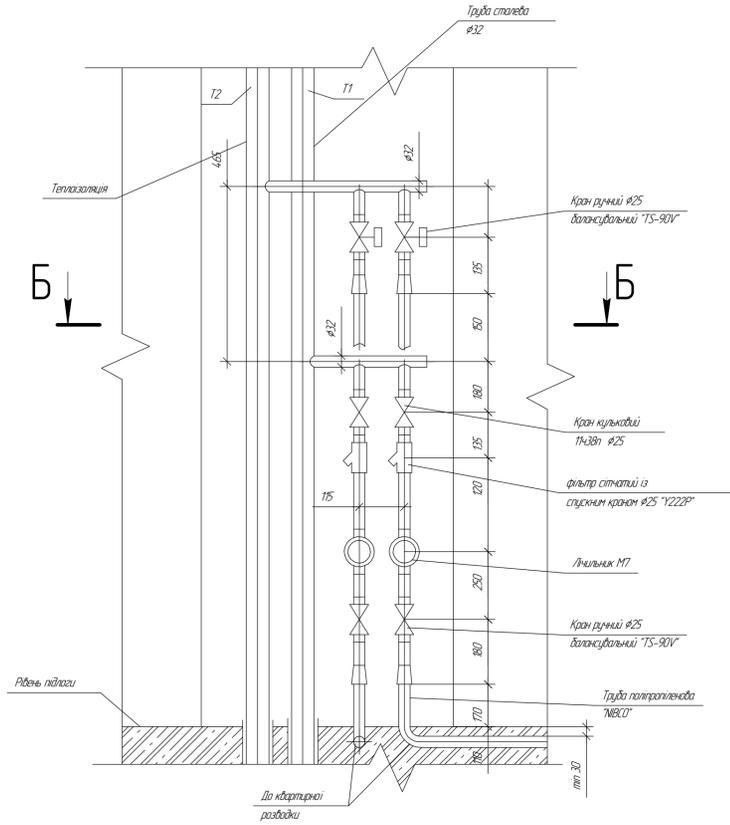
# АКСОНОМЕТРИЧНА СХЕМА СТОЯКІВ 1:100



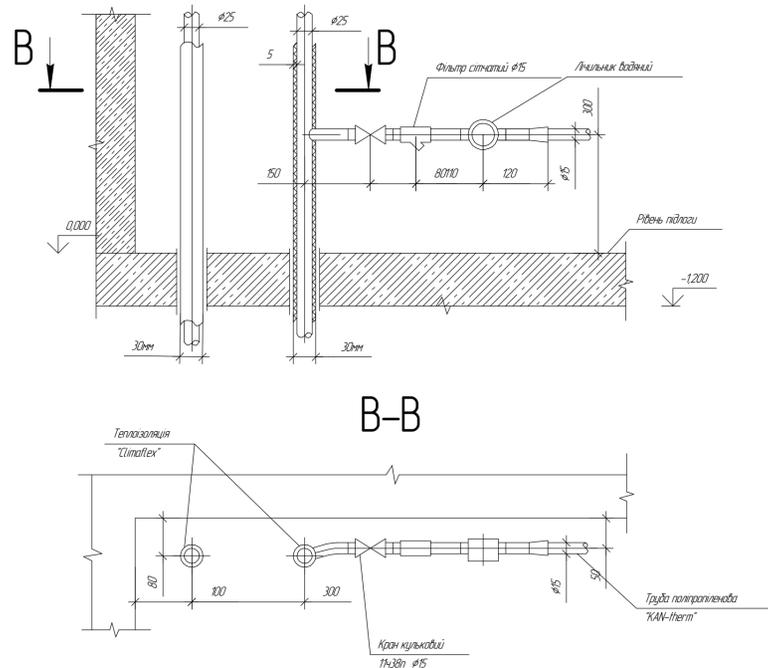
Лист № \_\_\_\_\_  
Всього листів \_\_\_\_\_  
Лист № \_\_\_\_\_

					<b>08-13.МКР.128.00.000</b>		
					Удосконалення системи опалення багатоповислового житлового будинку з метою підвищення енергоефективності із застосуванням альтернативних джерел енергії		
Ім'я	Кваліфікація	Лист	Проек.	Підп.	Дата	Система опалення житлового будинку	
Викон.	Лавченко А.					МКР	Лист 4
Перевірив	Слободян НМ						Лист 7
ОпONENT	Моргуш А.С.	АксонOMETРИЧНІ СХЕМИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ		ВНТУ, зр. ТГ-24м			
АксонOMETРИЧНА СХЕМА СТОЯКІВ	Лажкевич О.Д.	АксонOMETРИЧНА СХЕМА СТОЯКІВ					
Затв.	Ратичак Г.С.						

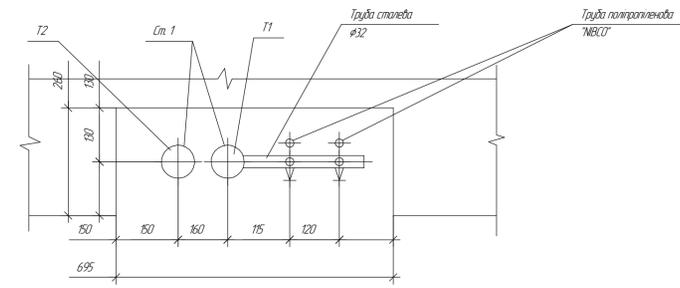
Вузол обліку I (1:5)



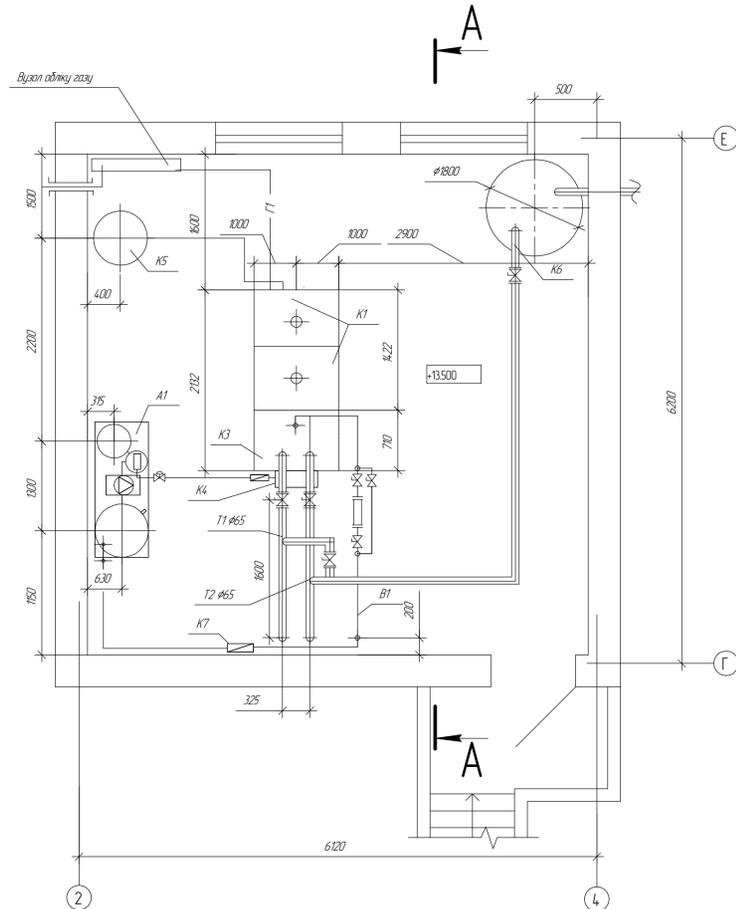
Вузол обліку ГВ II (1:5)



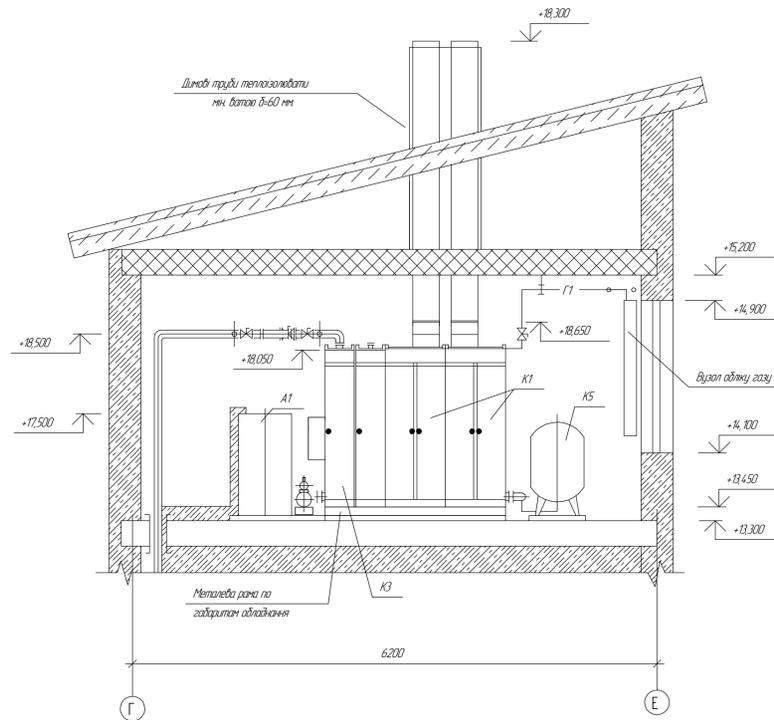
Б-Б



Фрагмент плану на позначці +13.200 (1:50)



A-A (1:50)



Відомість обладнання

Поз.	Позначення	Найменування	Одін. виміру	Кільк. шт.	Маса кг.
K1	БТК-500	Модуль нагріву Q=480кВт	шт.	1	1200
K3	MPT	Модуль регулятор температури з насосами Wilo Star 25/7	шт.	1	222
K4	КПЧ	Комплект позамодульних частин: з шафою керування, блоком безпеки, пристроєм для заповнення водою, та ін.			
K5	Zilmet	Компенсатор об'єму V=80л, ф450мм, Н=608мм.	шт.	1	250
K6	БЕМ	Буферна ємність V=15 м.куб	шт.	1	2300
K7		Вузол обліку води	шт.	1	
A1	DHF-30/1-F	Блочна автоматична водопідготовка	шт.	1	580

08-13.МКР.128.00.000 00

Удосконалення системи опалення багатоквартирного житлового будинку з метою підвищення енергоефективності із застосуванням альтернативних джерел енергії

Ім'я	Кільк.	Лист	Прод.	Подп.	Дата
Розробив	Ланченко А.				
Перевірив	Слободян Н.М.				
ОпONENT	Моргун А.С.				
Н. комп. Залп.	Ланченко О.Д. Ратичук Г.С.				

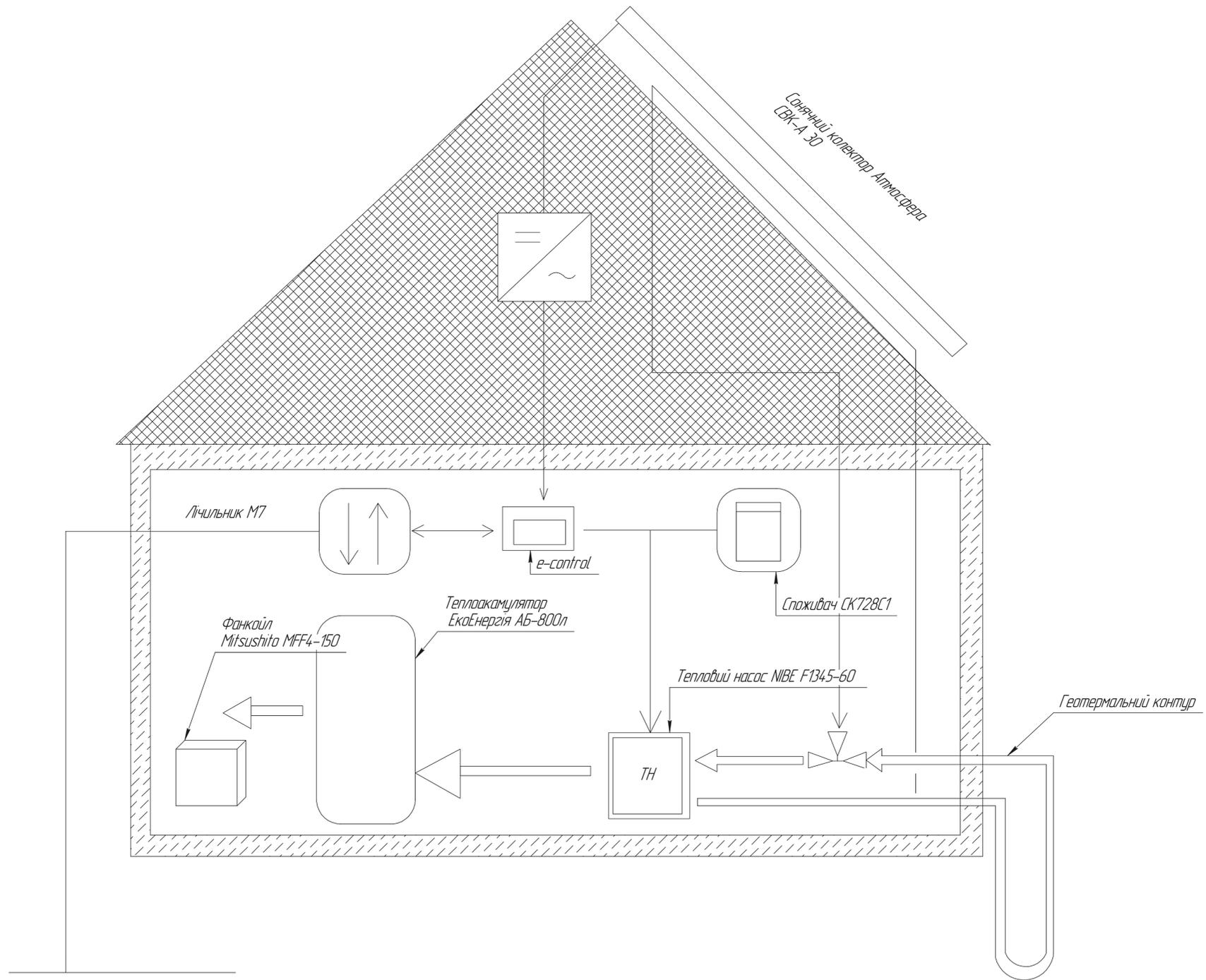
Система опалення житлового будинку

фрагмент плану на позначці +13.200, вузли

ВНТУ ст.гр.ТГ-24м

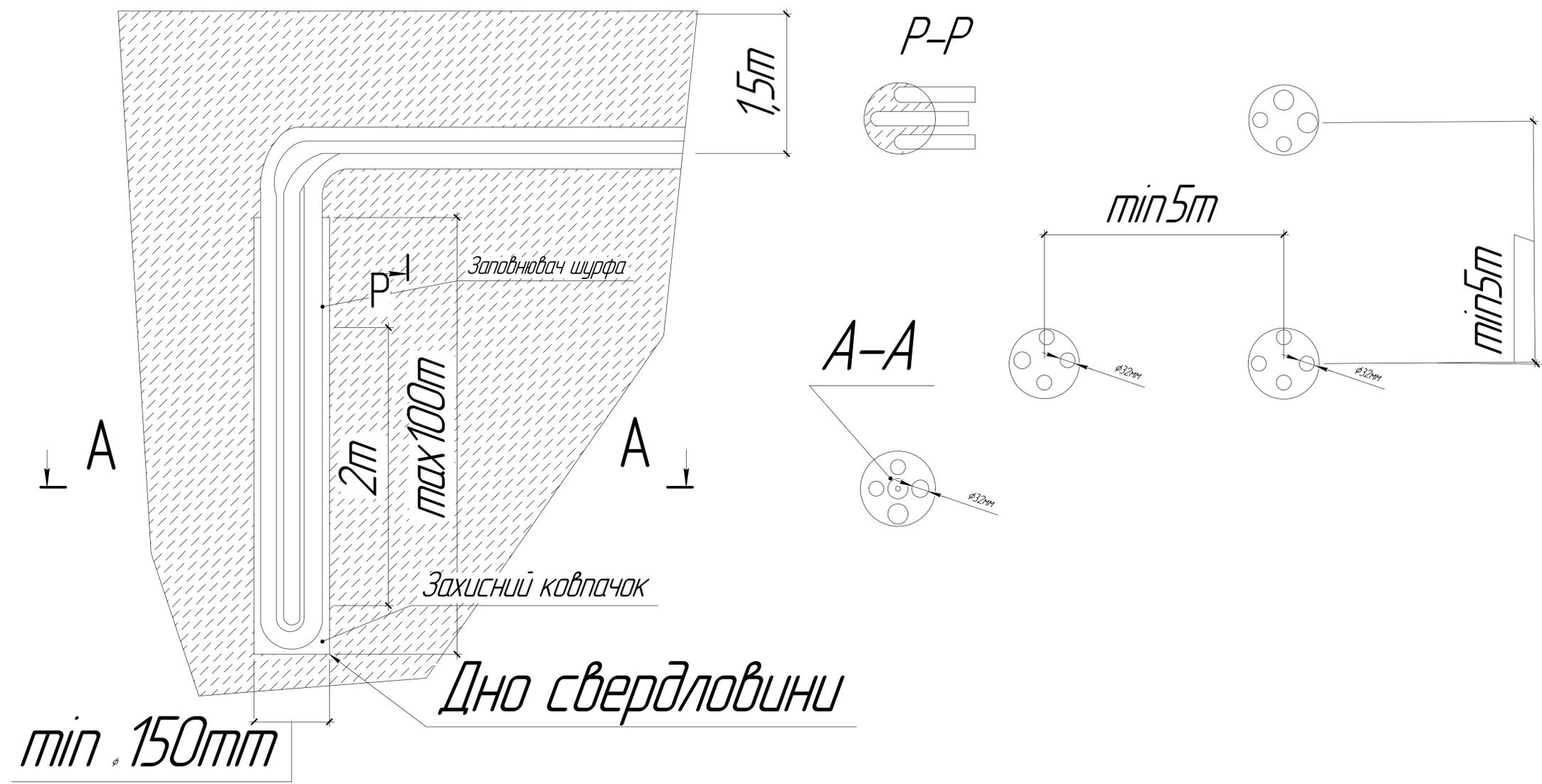
МКР 4 7

# Схема роботи сонячного теплового насосу



				<b>08-13.МКР.128.00.00</b>		
	№ докум	Підпис	Дата			
Розроб	Попенко А.Я.					
Лектор	Слободян Н.М.					
Опечник	Мороз А.С.					
Н. конт.	Попенко О.В.					
Затв.	Розшишак Г.С.					
				Схема роботи сонячного теплового насосу		
				Стр. 5	Лист 7	Лист 7
				Розріз		
				ВНТУ, ТГ-24мі		

# Р-Р Розріз геотермального контуру, 1:100



Секція	
Лист	
Варіант	
№	

08-13.МКР.128.00.00					
Удосконалення системи опалення багатоквартирного житлового будинку з метою підвищення енергоефективності із застосуванням відновлювальних джерел енергії					
Имя	Коллч	Лист	№	Подп	Дата
Розроб	Ланченко А.				
Перевірив	Слободян Н.М.				
Опрант	Маргун А.С.				
Н.контр.оль	Ланжедич				
Затв	Ратчиняк Г.С.				
Система опалення житлового будинку				Стандія	Лист
Розріз геотермального контуру, 1:100				6	7
				ВНТУ, зр. ТГ-24м	

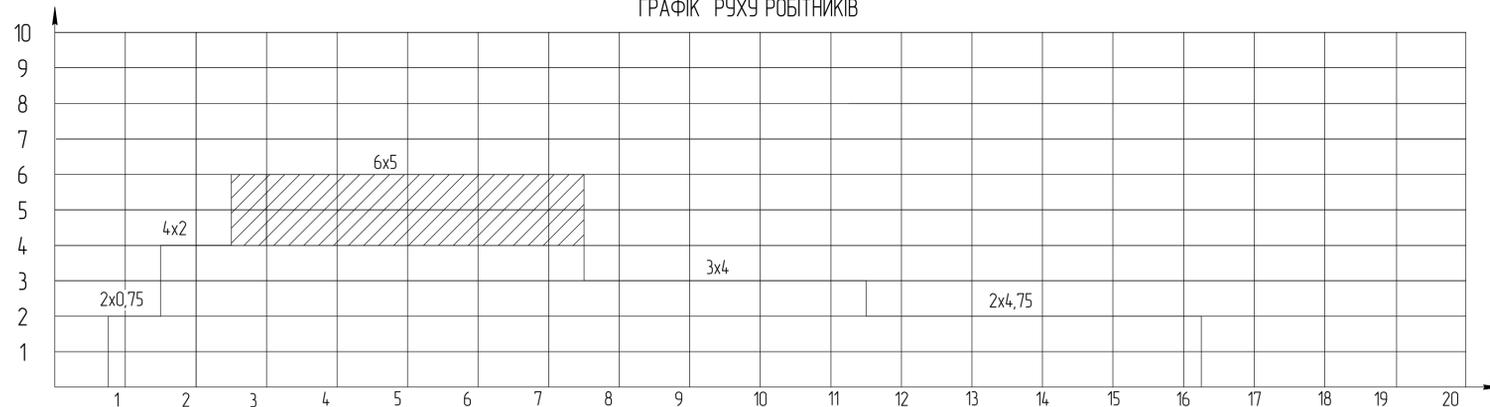
# КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

№ П/П	Найменування робіт	Один. вим.	Об'єму	Норма часу люд/год	Трудо-міст-кість	Склад бригади	К-сть бригад	Трива-лість	Шифр РЕКН	2025																			
										ВЕРЕСЕНЬ																			
										10.09	11.09	12.09	13.09	14.09	15.09	16.09	17.09	18.09	19.09	20.09	21.09	22.09	23.09	24.09	25.09	26.09	27.09	28.09	
										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Доставлення деталей і обладнання до місця монтажу	1 м	3	2,1	6,3	води-1 монтажник 3р-1	1	0,7	E1-1-1	2x0,25																			
2	Пробиття отворів	100 шт	0,72	101,94	73,4	монтажник 3р-1	1	0,2	46-29-6		2x1,5																		
3	Прокладання трубопроводів d=20x2 мм	100 м	0,99	48,71	20,81	монтажник 4р-1 монтажник 3р-1	1	0,25	16-6-1				4x2,5																
4	Прокладання трубопроводів d=16x2 мм	100 м	2,05	48,71	230,46	монтажник 4р-1 монтажник 3р-1	2	0,25	16-6-2				2x1,5																
5	Монтаж фанкоїлів	100 кВт	0,18	48,84	26,61	монтажник 4р-1 монтажник 3р-1	1	0,25	16-6-3					2x1															
6	Встановлення балансирних клапанів	100 шт	13	48,71	21,19	монтажник 4р-1 монтажник 3р-1	1	0,25	16-6-4																				
7	Монтаж сонячного колектора Атмосфера СВК А-30	1 шт	18	48,71	23,04	монтажник 4р-1 монтажник 3р-1	1	1,25	16-6-1				2x1																
8	Прокладання земляного коутура	1 шт	1	15,27	15,27	монтажник 4р-1 монтажник 3р-1	1	0,5	18-6-2					2x2															
9	Монтаж центробіжного насосу	шт	1	21,68	21,68	монтажник 4р-1 монтажник 3р-1	1	2,5	16-15-2					4x2,5															
10	Монтаж теплового насосу	шт	4	2,41	1,2	монтажник 4р-2	1	0,5	16-15-2										2x0,5										
11	Встановлення грязьовиків	шт	1	2,95	2,97	монтажник 4р-1 монтажник 3р-1	1	1	16-15-2											3x1									
12	Встановлення запірних клапанів	шт	2	2,82	0,45	монтажник 3р-2	1	0,75	16-19-8																				
13	Встановлення контр-вимір. приладів	шт	1	75,44	9,43	монтажник 4р-1 монтажник 3р-2	1	0,25	18-3-1											3x3									
14	Вироблення системи	100 м	0,185	106,59	2,46	монтажник 3р-2	1	1	15-17-4												2x1								
15	Зароблення отворів та гнізд	компл	1	0,2	0,025	монтажник 4р-1	1	3	18-22-5																				
16	Вивезення мат. обладн. і сміття з майданчика	100м	2,87	8,22	2,95	монтажник 5р-1 монтажник 4р-1	1	0,25	16-29-1																				2x1,25

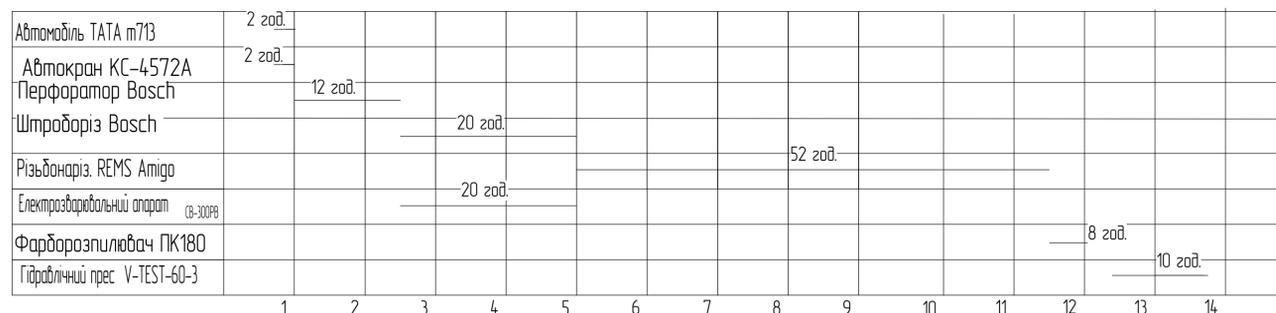
## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Од.виміру
1	Q <sub>заг.</sub>	$\square Q_1$	295	люд./дні
2	T <sub>заг.</sub>	-	79	дні
3	R <sub>max</sub>	-	12	люд
4	R <sub>сер</sub>	$Q_{заг.} / T_{заг.}$	8	люд
5	T <sub>вст.</sub>	-	6	дні
6	Q <sub>надл.</sub>	-	16,5	люд./дні
7	$\square_1$	$R_{сер} / R_{max}$	0,66	-
8	$\square_2$	$Q_{надл.} / Q_{заг.}$	0,08	-
9	$\square_3$	$T_{вст.} / T_{заг.}$	0,9	-

ГРАФІК РУХУ РОБІТНИКІВ



ГРАФІК РОБОТИ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ



<b>08-13.МКР.128.00.000</b>	
№ об'єму	Підпис Дата
Розроб	Паченко А.Я.
Перевірив	Слодовий Н.М.
Опачет	Морозов А.С.
Н.конт	Павлов О.Д.
Замов	Ратушняк Г.С.
Система опалення житлового будинку	
Сторінка	Лист
7	7
Календарний план монтажу	
ВНТУ, гр. ТГ-24мі	

**ВІДГУК**  
**КЕРІВНИКА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
**Студента Панченко А.Я.**

Студент Панченко А.Я. виконав магістерську кваліфікаційну роботу на тему: "Система опалення багатоповерхового житлового будинку підвищеної енергоефективності із застосуванням відновлювальних джерел енергії" згідно завдання. Робота містить 7 листів креслень, пояснювальну записку та презентацію (ілюстративний матеріал і графічна частина).

Актуальність теми полягає у проведенні наукового пошуку та розробці енергоефективних проектних пропозицій систем теплопостачання у багатоповерхових будинках. Дослідження виконано відповідно до тематики наукової роботи кафедри Інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету.

Робота відповідає виданому завданню. Студент самостійно виконував науковий пошук та розробку проектних рішень, має достатню теоретичну та практичну підготовку. Дослідна частина роботи демонструє вміння студента аналізувати необхідні літературні джерела, приймати обґрунтовані рішення (інженерні, наукові). У конструкторській частині роботи проведено теоретичне та проектне обґрунтування параметрів теплоізоляційної оболонки, виконано моделювання режимів роботи систем опалення, розроблено заходи з організації реалізації проектного рішення, підібрано сучасне обладнання та устаткування, що відповідає будівельним та технічним нормативним документам. Робота свідчить про вміння здобувача застосовувати сучасні системні та інформаційні технології, проводити математичне моделювання систем даного об'єкта, обробляти та аналізувати результати. Кваліфікаційна робота виконана із застосуванням стандартних комп'ютерних програм (AutoCAD, АВК, Excel). Оформлення роботи та графічні матеріали відповідають вимогам діючих стандартів.

Студент Панченко А.Я. приймав участь у конференціях, у семінарах наукового гуртка, має публікації - тези конференції.

Вважаю, що магістерська кваліфікаційна робота відповідає вимогам стандартів вищої освіти, робота виконана на рівні: добре – «С».

Вважаю, що Нікіфоров К.В. заслуговує присудження ступеня магістра будівництва за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою «Теплогазопостачання і вентиляція».

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Доцент кафедри ІСБ, ВНТУ

Слободян Н.М.

**ВІДГУК ОПОНЕНТА**  
на магістерську кваліфікаційну роботу на тему :  
**«СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО  
БУДИНКУ ПІДВИЩЕНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІЗ  
ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ  
ЕНЕРГІЇ»**

студента Панченко А.Я.

Магістерська кваліфікаційна робота виконана відповідно до завдання. Зміст та структура роботи відповідає даній темі. Тема роботи актуальна та відповідає науковій тематики кафедри Інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету. Робота містить пояснювальну записку та графічну частину (7 листів креслень). У пояснювальній записці 5 розділів, список використаних джерел та додатки.

У першому розділі роботи є дослідна частина, що містить елементи наукового пошуку та аналізу сучасних підходів до розробки енергоефективних систем опалення житлового будинку. Також у першому розділі є техніко-економічне обґрунтування проектних рішень. У другому розділі проведено розрахунки та моделювання теплоізоляційної оболонки будівлі, системи опалення. Другий розділ роботи направлений на розробку оптимального енергоефективного конструкторського рішення, з врахуванням умов забудови та архітектурно-планувальних рішень. Рішення прийняті у інженерно-конструкторській частині роботи демонструють вміння студента виконувати моделювання режимів роботи систем опалення. У третьому розділі розроблені заходи з організації реалізації проектного рішення, а саме підібрано сучасне обладнання та устаткування для монтажу системи опалення, побудовано календарний план виконання робіт, прораховано локальний кошторис та визначені основні економічні показники.

Зауваження. У тексті пояснювальної записки у четвертому розділі представлено локальний кошторис, який можна було винести у додатки. У роботі є неточності при посиланні на літературні джерела.

В цілому робота справляє позитивне враження, та демонструє уміння студента аналізувати необхідні літературні джерела, приймати обґрунтовані інженерні, технічні та наукові рішення. Кваліфікаційна робота виконана із застосуванням стандартних комп'ютерних програм (AutoCAD, АВК, Excel). Оформлення роботи та графічні матеріали відповідають вимогам діючих стандартів

Вважаю, що магістерська кваліфікаційна робота відповідає вимогам стандартів вищої освіти, робота виконана на високому рівні: відмінно – «С», студент Панченко А.Я. заслуговує присудження ступеня магістра будівництва за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-професійною програмою «Теплогазопостачання і вентиляція».

Д. т. н., проф., кафедри БМГА, ВНТУ Мороз А.С.



15.12 2025 р.