

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут будівництва, теплоенергетики та газопостачання

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра інженерних систем в будівництві

(повна назва кафедри)

## **Пояснювальна записка**

### **до магістерської кваліфікаційної роботи**

на тему

**«МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ДЕВ'ЯТИПОВЕРХОВОГО  
БУДИНКУ В М. ЧЕРКАСИ»**

Освітня програма – «Теплогазопостачання і вентиляція»

08-12.МКР.009.00.000 ПЗ

Виконав: магістрант 2 курсу, групи ТГ-19М

спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Радецький В.Т.

(прізвище та ініціали)

Керівник Джеджула В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Меть І.М.

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2020 року

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання  
Кафедра інженерних систем у будівництві  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Галузь знань 19 Архітектура та будівництво  
(шифр і назва)  
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва)  
Освітня програма “Теплогазопостачання і вентиляція”

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри ІСБ  
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.

“ ” 2020 року

### **З А В Д А Н Н Я** **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Радецького Валерія Тарасовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація системи опалення дев'ятиповерхового будинку в м. Черкаси

керівник проекту (роботи) проф. кафедри ІСБ Джеджула В.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “25” вересня 2020 року № 214.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10 грудня 2020р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Плани поверхів будівлі. Проектна документація на будівництво. Відомі конструктивні рішення систем опалення, наукові дослідження в напрямку оптимізації систем опалення, наукові публікації.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Аналіз відомих конструктивних рішень систем опалення на альтернативних джерелах енергії, техніко-економічні показники, теоретичне обґрунтування та проектні рішення для прийняття раціонального варіанта системи опалення будинку, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проектних рішень, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Економічна складова, Загальний висновок, Перелік використаних джерел, Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Плакати з результатами наукової частини роботи – аналіз та дослідження енергоефективних технологій в системах опалення. Креслення: План системи опалення першого поверху. План системи опалення типового поверху. План системи опалення дев'ятого поверху. Аксонометричні схеми опалення першого, типового та дев'ятого поверхів. Монтажні креслення та вузли. Схема теплового пункту Календарний план монтажу системи опалення.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Науково-технічне обґрунтування	Джеджула В.В д.е.н., професор		
Техніко-економічне обґрунтування	Джеджула В.В д.е.н., професор		
Технічна частина	Джеджула В.В д.е.н., професор		
Організаційно-технологічна частина	Джеджула В.В д.е.н., професор		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянська І. М. к.т.н., доцент		
Економічна частина	Лялюк О. Г. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 28.09.2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Складання завдання та змісту до МКР	30.09.2020	
2	Науково-технічне обґрунтування	05.10.2020	
3	Техніко-економічне обґрунтування	8.10.2020	
4	Технічна частина	27.10.2020	
5	Організаційно-технологічна частина	02.11.2020	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	24.11.2020	
7	Економічна частина		
8	Оформлення графічної частини та пояснювальної записки, розробка презентації	25.11.2020	
9	Попередній захист	24.11.2020	
10	Виправлення зауважень	10.12.2020	
11	Рецензування	11.12.2020	
12	Захист МКР	17.12.2020	

Магістрант \_\_\_\_\_  
(підпис)

Радецький В.Т.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Джеджула В.В  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дана магістерська робота має 133 сторінка, включає у себе 16 рисунків, 18 таблиць.

У роботі розглядається питання модернізації системи опалення дев'ятиповерхового будинку в м. Черкаси, на основі використання низкопотенційних джерел енергії. За останні роки в Україні спостерігається значна енергетична криза, тому зростає потреба в зменшенні споживання паливно-енергетичних ресурсів та впровадженні відновлювальних джерел енергії.

Дана робота пов'язана з визначенням факторів, які можуть підвищити ефективність використання енергоресурсів для забезпечення комфортних умов, а саме: дослідження та аналіз теплонасосних установок для систем опалення, моделювання та оптимізація систем теплотапання будівель, визначення особливостей роботи, коефіцієнтів перетворення, ефективності тієї чи іншої установки.

Мета роботи: оптимізація споживання електричної та теплової енергії за рахунок матеріалів теплоізоляції будівлі та використання альтернативних джерел енергії.

Об'єкт дослідження: теплонасосні установки для систем опалення.

Дана робота показує доцільність влаштування системи опалення для багатоповерхових будівель з використання альтернативних джерел енергії на основі геотермальних теплонасосних установок.

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

Тепловий насос, теплонасосна установка, тепловий режим приміщення, відновлювані джерела енергії, альтернативна енергетика, низькотемпературне джерело енергії, теплове навантаження, бівалентна система, моновалентна система, моделювання теплового режиму, техніко-економічна оцінка.

## **ABSTRACT**

This master's thesis has 133 pages, includes 16 drawings, 18 tables.

The paper considers the modernization of the heating system of a nine-storey building in Cherkasy, based on the use of low-potential energy sources. In recent years, Ukraine has experienced a significant energy crisis, so there is a growing need to reduce the consumption of fuel and energy resources and the introduction of renewable energy sources.

This work is related to identifying factors that can increase energy efficiency to ensure comfortable conditions, namely: research and analysis of heat pump systems for heating systems, modeling and optimization of heating systems of buildings, determining the characteristics of work, conversion factors, efficiency of a installation.

Purpose: optimization of electricity and heat consumption due to building insulation materials and the use of alternative energy sources.

Object of research: heat pump installations for heating systems.

This work shows the feasibility of installing a heating system for multi-storey buildings using alternative energy sources based on geothermal heat pump systems.

## **KEYWORDS**

Heat pump, heat pump installation, thermal regime of the room, renewable energy sources, alternative energy, low-temperature energy source, heat load, bivalent system, monovalent system, thermal regime modeling, technical and economic evaluation.

<b>РЕЗЮМЕ</b> до магістерської кваліфікаційної роботи магістранта:		<b>Радецького Валерія Тарасовича</b>	
Назва університету	Вінницький національний технічний університет		
Тема	МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ДЕВ'ЯТИПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ В М. ЧЕРКАСИ		
Освітній ступінь	Магістр		
Факультет	Будівництва, теплоенергетики та газопостачання		
Кафедра	Інженерних систем у будівництві		
Спеціальність	192 – Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма	Теплогазопостачання і вентиляція		
Керівник	професор Джеджула В.В.		
Обсяг роботи	Пояснювальна записка, стор.	Розділів	Креслень формату А1
	133	6	9
Розділ 1	Науково-технічне обґрунтування		
Розділ 2	Техніко-економічне обґрунтування		
Розділ 3	Технічна частина		
Розділ 4	Організаційно-технологічна частина		
Розділ 5	Охорона праці та безпека при надзвичайних ситуаціях		
Розділ 6	Економічна частина		
Висновки по роботі	<p>1. Проаналізовано відомі рішення альтернативного опалення. Розроблено робочу бівалентну схему системи опалення багатоповерхової будівлі на основі геотермальних теплових насосів.</p> <p>2. Розраховано та обґрунтовано проектну потужність об'єкту. Зроблено економічне порівняння влаштування теплового пункту та влаштування теплотраси.</p> <p>3. Розраховано тепловтрати огорожуючих конструкцій. Змодельований гідравлічний режим системи опалення. За результатами розрахунків підібрано обладнання.</p> <p>4. Розглянуто конструктивні особливості об'єкта будівництва. Складено перелік монтажних робіт. Підібрано машини, механізми та обладнання. Розроблено календарний план будівництва.</p> <p>5. Наведено основні технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії. Наведено основні положення безпечного монтажу та експлуатації системи опалення.</p> <p>6. Складено локальний кошторис на будівельно-монтажні роботи. Наведено узагальнені показники вартості будівельних робіт та системи опалення вцілому.</p>		
Ключові слова: модернізація, система опалення, альтернативні джерела енергії.			

Магістрант: Радецький В.Т. \_\_\_\_\_ /ПІБ/

Керівник: Джеджула В.В. \_\_\_\_\_ /ПІБ/

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 p.

<b>SUMMARY</b>		<b>Radetsky Valery Tarasovich</b>	
to undergraduate master's qualification work:			
University name	Vinnytsia National Technical University		
Theme	<b>Modernization of the heating system of a nine-storey building in cherkasy</b>		
Educational degree	Master		
Faculty	Faculty for Civil Engineering, Thermal Power and Gas Supply		
Department	Engineering systems in construction		
Specialty	192 – Construction and civil engineering		
Educational program	Heat and gas supply and ventilation		
Head	Ph.D., associate professor Ponomarchuk I. A.		
The scope of work	Explanatory note, p.	Sections	Drawings of A1 format
	133	6	9
Section 1	Scientific and technical substantiation		
Section 2	Feasibility study		
Section 3	Technical part		
Section 4	Organizational and technological part		
Section 5	Occupational health and safety in emergencies		
Section 6	The economic part		
Conclusions on work	<p>1. The known solutions of alternative heating are analyzed. A working bivalent scheme of the heating system of a multi-storey building based on geothermal heat pumps has been developed.</p> <p>2. The design capacity of the object is calculated and substantiated. An economic comparison of the arrangement of the heating point and the arrangement of the heating main is made.</p> <p>3. Heat loss of enclosing structures is calculated. The hydraulic mode of the heating system is simulated. According to the results of calculations, the equipment was selected.</p> <p>4. The design features of the construction object are considered. The list of installation works is made. Machines, mechanisms and equipment are selected. A construction construction plan has been developed.</p> <p>5. The main technical solutions for occupational health and industrial sanitation are given. The main provisions of safe installation and operation of the heating system are given.</p> <p>6. A local estimate for construction and installation work has been drawn up. The generalized indicators of the cost of construction works and the heating system as a whole are given.</p>		
Key words: modernization, heating system, alternative energy sources.			

Master student: Radetsky V.T. \_\_\_\_\_ / Surname /

Head: Dzhedzhula V.V. \_\_\_\_\_ /Surname /

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020

## ЗМІСТ

Вступ.....	12
<b>РОЗДІЛ 1. НАУКОВО - ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....</b>	<b>15</b>
1.1 Тепловий режим та мікроклімат приміщень.....	15
1.2 Фактори та чинники вибору способу теплопостачання.....	15
1.3 Аналіз відомих способів генерації тепла.....	18
1.4 Системи геотермального теплопостачання.....	24
1.4.1 Теплові насоси.....	24
1.4.2 Геотермальне теплопостачання багатоповерхових будівель.....	29
1.5 Доцільність переходу на електроопалення та альтернативні способи генерації тепла.....	30
1.6 Акумуляційний обігрів.....	30
1.7 Режими роботи та потужність теплового насоса.....	31
1.8 Термoeкономічний аналіз та оптимізація бівалентних установок на базі теплових насосів.....	36
1.8.1 Схемні рішення бівалентних теплонасосних систем.....	36
1.9 Обґрунтування економічної доцільності виконання бівалентної схеми роботи теплових насосів.....	38
1.9.1 Економічна доцільність на стадіях капітальних вкладень та експлуатації системи опалення.....	38
Висновок до розділу.....	40
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....</b>	<b>41</b>
2.1 Основні положення та вихідні дані. Технологічні особливості об'єкту будівництва, економічна доцільність та проектні можливості.....	41
2.2 Проектна потужність об'єкту.....	42
2.3 Чисельність робочих місць.....	43
2.4 Матеріальна оцінка впливів на навколишнє середовище.....	43
2.5 Ефективність використання акумуляційного обігріву.....	43
2.6 Розрахункова вартість будівництва.....	43



2.6.1 Розрахунок капітальних вкладень на влаштування автономного теплового пункту та ґрунтових зондів.....	45
2.6.2 Розрахунок капітальних вкладень для будівництва теплотраси.....	45
2.7 Визначення річної витрати енергоресурсів котельною установкою.....	45
2.8 Економічний ефект від влаштування автономного теплового пункту.....	47
2.9 Економічна ефективність.....	48
Висновок до розділу.....	49
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>51</b>
3.1 Природно-кліматична характеристика району забудови.....	51
3.2 Вибір конструкції та теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін будівлі.....	51
3.2.1 Підбір вікон.....	56
3.2.2 Розрахунок перекриття над підвалом.....	56
3.2.3 Розрахунок горищного перекриття.....	59
3.2.4 Розрахунок теплопередачі вхідних дверей.....	63
3.3 Розрахунок теплових втрат приміщення.....	63
3.4 Вибір опалювальних приладів.....	64
3.5 Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення.....	69
3.6 Підбір обладнання.....	72
3.6.1 Підбір опалювальних приладів.....	72
3.6.2 Підбір трубопроводів.....	73
3.6.3 Підбір циркуляційних насосів.....	73
3.6.4 Підбір бака-акумулятора для системи опалення.....	73
Висновки до розділу.....	73
<b>РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>75</b>
4.1 Аналіз системи, що прийнята до монтажу.....	75
4.2 Визначення складу і об'ємів робіт.....	83
4.2.1 Визначення об'ємів робіт.....	83
4.2.2 Склад робіт.....	84

4.3 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій.....	85
4.4 Визначення трудомісткості монтажних робіт.....	88
4.5 Визначення складу бригад та монтажних інструментів.....	92
4.5.1 Визначення складу бригад.....	92
4.5.2 Потреба в монтажному інструменті.....	97
4.6 Визначення витрат енергоресурсів при роботі обладнання та транспортних засобів.....	97
4.7 Розрахунок техніко-економічних показників календарного плану.....	99
4.8 Теплотехнічний регламент і технічні засоби для проведення випробувань систем при здачі в експлуатацію.....	99
Висновок до розділу.....	101
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>102</b>
5.1 Загальні положення.....	102
5.2 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання.....	103
5.2.1 Вимоги до організації робочого місця.....	103
5.2.2 Організація робочих місць.....	103
5.2.3 Порядок виконання робіт.....	104
5.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	107
5.3.1 Мікроклімат.....	109
5.3.2 Склад повітря робочої зони.....	109
5.3.3 Виробниче освітлення.....	110
5.3.4 Виробничий шум.....	111
5.3.5 Психофізіологічні фактори.....	112
5.4 Безпека при НС.....	114
5.4.1 Оцінка стійкості роботи автоматичних систем управління (АСУ) в умовах дії іонізуючого випромінювання.....	115
5.4.2 Оцінка безпеки АСУ в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	115

5.4.3 Заходи для забезпечення безперервної роботи при збоях електропостачання.....	120
5.4.4 Надійність та електробезпека при експлуатації АСУ та ОС. Протидія виникненню коротких замикань.....	121
Висновок до розділу.....	122
<b>РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>123</b>
6.1 Локальний кошторис.....	123
6.2 Загальні техніко-економічні показники.....	123
Висновок до розділу.....	124
<b>ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....</b>	<b>125</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>128</b>
Додаток А – Технічне завдання.....	134
Додаток Б – Локальний кошторис.....	139
Додаток В – Теплотехнічний розрахунок.....	143
Додаток Г – Гідравлічний розрахунок.....	157
Додаток Д – Відомість графічної частини.....	164
Презентація.....	165

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На сьогодні житлово-комунальне господарство України все ще зазнає числені збитки за рахунок втрати експлуатаційної ефективності існуючих теплових мереж. Майже дві третини усіх житлових споруд побудовано до 70-х років минулого століття, що за сучасними нормами та при сучасних технологіях вважаються морально застарілими та неефективними. Більше ніж третина житлових будинків потребує реконструкції, капітального ремонту або модернізації. Проектування нових будівель з урахуванням більш економічно вигідного забезпечення теплового режиму приміщень, та реконструкція уже існуючих будівель та їх модернізація є досить пріоритетними задачами по досягненню раціоналізації використання енергетичних ресурсів житлово-комунальним господарством в Україні. Сучасні будівельні технології дозволяють споруджувати об'єкти, які максимально ефективно виконують своє функціональне призначення за найменшої вартості їх обслуговування. Такі об'єкти, звісно, потребують великих затрат на їх зведення, але короткий термін окупності, надійність та ефективність здатні повністю виправдати початкову вартість.

Мікроклімат житлових приміщень є дуже важливим фактором у повсякденному житті та діяльності людей, оскільки напряду впливає на їх здоров'я та працездатність. На сьогодні, завдяки своїй надійності, довговічності та високим санітарно-гігієнічним властивостям, найбільш поширеним є централізоване тепlopостачання, яке з роками втрачає свою ефективність через ріст ціни на газ, застарілість обладнання, аварійний стан теплотрас та неефективне керування житлово-комунальним господарством в цілому.

В даній роботі вперше запропоновано та теоретично обґрунтовано проектування системи ефективного геотермального опалення для будівель великих об'ємів. Геотермальне опалення уже набуло досить високого практичного застосування у будівництві завдяки своїм техніко-економічним перевагам, однак така технологія набула широкого застосування лише для опалення будівель малих

об'ємів. Причиною того є обмежена теплова потужність теплових насосів та висока початкова вартість влаштування геотермальної системи в цілому.

Метою даної роботи є пошук та розробка нових методів теплопостачання багатоповерхової будівлі а також модернізація та автоматизація системи опалення, з використанням сучасних технологій альтернативного теплопостачання, на прикладі дев'ятиповерхового житлового будинку в м. Черкаси.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Напрямок, мета та задачі магістерської кваліфікаційної роботи відповідають змісту Державної програми України наукового напрямку 04.06 – „Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології”, а також згідно з пріоритетним напрямком наукових досліджень ВНТУ «Збереження навколишнього середовища (довкілля) та сталий розвиток» відповідно до закону «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» № 2623-III від 11.07.2001 р

### **Мета дослідження**

Метою роботи є оцінка та розрахунок існуючих способів теплопостачання, аналіз систем альтернативного теплопостачання, створення нової схеми теплопостачання, яка об'єднує в собі високу ефективність, надійність та, водночас, економічну доцільність.

### **Об'єкт дослідження**

Система опалення, що забезпечує теплопостачання, використовуючи низькопотенціальне джерело енергії.

### **Предмет дослідження**

Параметри роботи теплового насоса в різні пори року та методи оптимізації його роботи при найменших затратах.

### **Узагальнений науковий результат**

Проектні рішення влаштування системи опалення на базі бівалентних теплових насосів.

### **Узагальнений практичний результат**

Визначення економічного ефекту від реалізації даної схеми системи опалення.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

– аналіз варіантів та режимів роботи геотермальних теплонасосних установок;  
– дослідження та розроблення ефективного варіанту системи геотермального теплопостачання при раціональних капіталовкладеннях.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Робота має практичне значення на існуючих або нових об'єктах впровадження систем на основі ТНУ дозволить оптимізувати споживання, зменшити витрати на опалення та гарячеводопостачання, зберегти екологію та паливно-енергетичні запаси нашої країни.

### **Особистий внесок магістра**

Магістерська робота є результатом розробки та моделювання системи теплопостачання для житлових будівель великої поверховості.

### **Публікації**

Радецький В.Т. «Геотермальна енергетика та геотермальні системи теплопостачання» Матеріали міжнародної конференції «Інноваційні технології в будівництві» - 2020, Вінниця 2020 р. [1]

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/viewFile/10939/9130>

## **1 НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ**

### **1.1 Тепловий режим та мікроклімат приміщень**

Тепловий режим в приміщенні зазвичай визначається температурою повітря в ньому, температурою поверхні огорожуючих конструкцій та предметів, розташованих в повітряному об'ємі. Крім того, мікроклімат приміщення визначається також відносною вологістю та швидкістю руху повітря. Значення параметрів мікроклімату підбираються залежно від періоду року, функціонального призначення приміщень і вимог комфортного перебування в ньому людини у будь-який час, а також технологічного процесу, що регламентується. В холодний період року забезпечення параметрів мікроклімату виконує система опалення, а в теплий період року система кондиціонування, крім того необхідно також регулювати та підтримувати нормальну відносну вологість повітря та забезпечувати необхідну кратність повітрообміну. За конструктивним виконанням опалювальних приладів та фізичним механізмом теплообміну розрізняють конвективне, радіаційне та комбіноване опалення.

За даними досліджень вченими було зроблено висновок, що більша частина населення планети до 90% всього часу перебуває в приміщеннях різного призначення. Більше 50% всієї енергії, що виробляється у світі, витрачається на життєзабезпечення будівель з тими самими приміщеннями.

Кількість теплоти, що виробляє організм людини, залежить, в основному, від фізичної активності людини (роботи, що виконується). У стані спокою організм людини генерує приблизно 100-120 Вт теплоти, 20 % якої затрачається на біологічну роботу організму, та більше 80 % теплоти виділяється в навколишнє середовище.

### **1.2 Фактори та чинники вибору способу теплопостачання**

Нині у світі існує багато різних варіантів систем опалення та гарячого водопостачання. Серед них можна виділити традиційні та альтернативні методи теплопостачання. До альтернативного теплопостачання можна віднести

теплонасосні системи, які мають досить велике практичне значення в проектуванні енергоефективних систем опалення та гарячого водопостачання.

Вибір найбільш доцільного та раціонального варіанту тепlopостачання потребує порівняльного аналізу традиційних та теплонасосних систем. Однак, не зважаючи на те, що теплові насоси уже 50 років застосовуються в тепlopостачанні, немає лише одного критерію, за яким можна однозначно схвалити рішення про доцільність використання теплових насосів. На рішення про доцільність використання теплових насосів впливають одночасно чотири чинники [13]:

- соціальний;
- економічний;
- екологічний;
- енергетичний.

Соціальний чинник полягає в аналізі існуючих технічних побутових та альтернативних систем. На сьогодні саме соціальний чинник впливає на широке впровадження реверсивних спліт-систем автономного кондиціонування повітря з теплонасосним режимом нагріву повітря приміщення, що є цілком достатнім для міжсезонного періоду або південної кліматичної зони України. Як правило, в даному випадку усі інші чинни до уваги не беруться. Якщо ж дана спліт-система має бути доповнена теплогенеруючим обладнанням для забезпечення нагріву приміщення при температурах у навколишньому середовищі, нижчих, ніж граничні значення для теплового насоса, в такому випадку соціальний чинник вибору не є однозначним.

Економічний чинник зазвичай оперує такими критеріями, як «термін окупності», «амортизаційні відрахування» та ін. Такі критерії впливають на вибір варіанту лише для промислових та інших секторів економіки, але, для оцінки побутової техніки вони не завжди підходять. Отже, можна сказати про відсутність коректного економічного чинника для будь-якої теплонасосної системи незалежно від області її застосування.

Екологічний чинник визначає рівень прямих шкідливих викидів в навколишнє середовище та є доцільним для порівняння варіантів систем тепlopостачання.



Однак, цей чинник не слід вважати основним у порівняльному аналізі, беручи до уваги те, що будь-яку систему можна удосконалити в екологічному аспекті при певних економічних витратах.

Енергетичний чинник можна розглядати як реально формалізований та оцінний тільки при ексергетичному аналізі. У такому випадку узагальнюються різні показники енергоефективності систем, що порівнюються, наприклад, коефіцієнти перетворення теплового насоса та коефіцієнт корисної дії теплогенератора.

Використання термoeкономіки та її категорій значним чином полегшує схвалення рішення про доцільність використання теплових насосів в системі опалення і дає можливість встановити пріоритети у порівнянні з іншими системами теплопостачання. Змішання енергетичного та економічного чинників зменшує розмірність завдання, що вирішується. А за розрахунковими значеннями ексергетичної вартості продукту можна сформулювати однозначний вибір системи теплопостачання.

Порівняння варіантів систем теплопостачання рекомендується проводити у наступній послідовності послідовності [13]:

- термодинамічне порівняння;
- термодинамічне зіставлення;
- термoeкономічне зіставлення;
- багатокритеріальне зіставлення.

Термодинамічне зіставлення схем теплопостачання виконується з урахуванням затрати первинної енергії, що необхідна для виробництва тої чи іншої кількості електроенергії або тепла середнього потенціалу.

Метод зіставлення затраченої енергії впливає з концепції порівняльного аналізу різних еквівалентних енергетичних систем. Таке зіставлення дозволяє спростити визначення шуканої величини – економії або перевитрати палива в порівнюваних варіантах лише на основі енергетичного аналізу. Запропонований підхід до оцінки порівнюваних варіантів має практичне значення для різних підприємств з автономною генерацією теплоти та електроенергії, що в цілому є

досить перспективним напрямом у сучасній енергетиці. При імпорті електроенергії для функціонування теплонасосної установки оцінку економії палива можна розглядати в рамках показників економіки певної галузі чи інших регіональних та національних утворень.

### **1.3 Аналіз відомих способів генерації тепла**

Генерувати тепло можна як прямим перетворенням певних видів енергії в теплову, так і опосередкованим шляхом, коли спочатку отримують і (або) накопичують енергію певного виду, яку можна перетворити в теплову, а потім, коли потрібно, споживають її.

Сукупність прямих способів перетворення енергії можна обмежити лише тими способами, які потенційно придатні для наших цілей. Логічно, що нездатність одного зі способів забезпечити генерацію необхідної теплової потужності веде до виключення його із розгляду. За таких міркувань не варто згадувати про термоелектричні, термомагнітні та інші «тонкі» фізичні ефекти. Також не має сенсу аналіз некерованих та дуже шкідливих процесів генерації тепла, як, наприклад, ядерні та хімічні реакції з участю високотоксичних речовин тощо.

Отже, беручи до уваги вище описане, до переліку прямих методів генерації тепла, можна віднести наступне [26]:

1. Механотеплові процеси, а саме, ті процеси в яких тепловиділення відбувається за рахунок зовнішнього тертя тіл та сил внутрішнього тертя в рідинах та газах.

2. Електротеплові:

а) нагрівання провідників з високим електричним опором при проходженні по них електричного струму (пряме електронагрівання);

б) тепловиділення через втрати на електричний гістерезис в діелектриках.

3. Магнітотеплові:

а) тепловиділення від проходження струму високої частоти;

б) тепловий ефект через втрати на гістерезис у феромагнетиках.

4. Оптичнотеплові, до яких відноситься ефект нагрівання середовища при поглинанні і розсіюванні в ньому електромагнітних хвиль різної довжини природного чи штучного походження.

5. Хімічнотеплові, у яких тепловиділення відбувається завдяки регульованому протіканню екзотермічних хімічних реакцій.

До опосередкованих способів отримання тепла можна віднести [26]:

а) вироблення електроенергії різними типами електростанцій, яка в подальшому може бути перетворена в теплову енергію, частково або повністю, одним із вище вказаних прямих способів;

б) біоорганічний синтез, який відбувається у природі.

### 1.1.2 Аналіз ефективності відомих способів генерування тепла

1. Зовнішнє тертя тіл – відомий спосіб генерування тепла ще за первісних часів. Але практичного використання на сьогодні майже не знайшло за певних причин:

- низький ККД перетворення енергії;
- складність технічної реалізації;
- шкідливість процесу;
- недостатня регульованість.

Такі суттєві недоліки роблять цей спосіб безперспективним, як спосіб генерації тепла.

2. Внутрішнє тертя в рідинах – вперше використовувалось в досліджах Джоуля по встановленню механічного еквівалента теплоти; здебільшого, це проявляється як небажане явище, в гідравлічних системах. Як спосіб генерування тепла в теплоенергетичних технологіях не використовується. Причинами тому є:

- не достатнє розуміння процесу перетворення механічної енергії в теплову в рідинах;
- відносна складність реалізації.

Потенційно цей спосіб є перспективним у використанні завдяки його розширеним функціональним можливостям, екологічній чистоті та високій

безпеці, особливо при роботі у поєднанні з вітроенергетичним обладнанням та тепловими акумуляторами.

3. Внутрішнє тертя в газах – це спосіб, який найкраще задовольняє вимоги до автономних систем теплозабезпечення будинків завдяки широкому діапазону потужностей (від нуля до сотень кіловат), відносно проста реалізація всіх функціональних вимог, екологічна чистота та висока безпека роблять впровадження такого способу справжньою потребою на даний час. Основні чинники, що затримували широке використання даного способу раніше є:

- незавершена теорія турбулентності;
- недостатня практична потреба у зв'язку з наявністю дешевого палива та інших первинних енергоносіїв в минулому;
- недооцінення екологічної шкоди від використання традиційної енергетики;
- технічна складність реалізації даного способу теплопостачання.

4. Теплові насоси. З позицій термодинаміки вони є одними із найбільш привабливих пристроїв для автономного теплопостачання малоповерхових будівель. Такий висновок зроблено з порівняння енергетичної схеми теплопостачання будівель за допомогою теплових насосів і схем одержання побутового тепла шляхом спалювання органічного палива або прямого електрообігріву, які до останнього часу практично стовідсотково домінували в системах теплозабезпечення будинків. На відміну від останніх, в тепловому насосі робоче тіло отримує кількість тепла  $Q_1$  при температурі  $T_1$  від резервуара низькопотенціального тепла (повітря, водоймище, ґрунт і т.д.). Тоді з робочим тілом відбувається термодинамічний процес, при якому виконується робота  $\ell$ , внаслідок чого зростає його потенціал (температура, тиск); тоді робоче тіло передає споживачу тепло в кількості  $Q_2$ , при температурі  $T_2$ , яка вища ніж  $T_1$ . Ефективність теплового насосу визначається коефіцієнтом перетворення  $\varphi = Q_2/\ell$ , що більший одиниці. Таким чином, з допомогою теплового насосу споживач отримує більше тепла ніж робота, що виконується для його транспортування від резервуару низькопотенціального тепла до резервуару високопотенціального, тобто теплові насоси збільшують якісний потенціал теплової енергії.

Функціональні можливості і безпека теплових насосів визначаються фізико-хімічними властивостями робочого тіла і конструктивними особливостями та якістю виготовлення насосу. Як показує практика [7, 8] технічно складно реалізувати підвищення температури робочого тіла від  $-(15...10^{\circ}\text{C})$  до  $+(60...65)^{\circ}\text{C}$  або від  $+(5...10)^{\circ}\text{C}$  до  $(85...90)^{\circ}\text{C}$ , що є цілком прийнятним для організації обігрівання та гарячого водопостачання житлових і виробничих приміщень. Зауважимо також, що при цьому досить легко реалізується можливість кондиціонування повітря та забезпечується висока екологічність процесу. Тому можна зробити висновок, що для цілей автономного теплозабезпечення будівель теплові насоси мають широку перспективу, про що свідчить досвід США, ФРН та інших розвинутих країн.

5. Пряме електронагрівання – це простий, високоефективний та технічно відпрацьований спосіб отримання тепла в промислових та побутових умовах, його переваги загальновідомі, а також є недоліки, які істотно обмежують використання такого способу в автономних системах теплозабезпечення, до них можна віднести:

–процес окислення поверхонь нагрівальних елементів та утворення на них шару шлаків, які істотно впливають на довговічність та надійність електронагрівальних приладів;

–доволі складно технічно забезпечити потрібний коефіцієнт теплообміну між елементом тепловиділення та теплоносієм;

–електронебезпека.

Однак, незважаючи на дані недоліки, пряме електронагрівання, було і залишається одним з основних способів теплової генерації для побутових потреб, завдяки своїм перевагам.

6. Електричний гістерезис – втрати електроенергії на поляризацію діелектриків у змінному електричному полі. Найбільш істотно цей ефект проявляється в сегнетоелектриках або ферроелектриках, як побічне небажане явище, і потребує усунення. Коефіцієнт корисної дії прямого перетворення електроенергії в теплову в при цьому коливається в районі 50%. Проте, наявність верхньої точки Кюрі, тобто температури, яка не перевищує  $300\text{--}400^{\circ}\text{C}$ , після якої

сегнетоелектрик починає втрачати свої аномальні властивості та різко зменшується ККД перетворення, висока вартість матеріалів і висока складність реалізації роблять даний спосіб неперспективним для використання в системах автономного теплозабезпечення будівлі.

7. Струми високої частоти – це струби, що виникають в масивних провідниках через дію закону електромагнітної індукції. Індукційний нагрів, як різновид електричного нагріву має високий ККД 98%, можливість керування процесом нагріву, компактність, невеликі початкові капіталовкладення, відсутність проблем доставки та зберігання палива [9].

8. Магнітний гістерезис – це втрати енергії магнітного поля для перемагнічування феромагнетиків (залізо, нікель, кобальт, сплави з вмістом рідкоземельних металів) в змінному електромагнітному полі. Переваги, недоліки та перспективи практичного використання аналогічні електричному гістерезису.

9. Сонячна радіація – це екологічно чисте та майже невичерпне джерело енергії. Можливі труднощі в його використанні:

а) мала густина потоку енергії, що для території України не перевищує 150 Вт/м<sup>2</sup>;

б) добова і сезонна нерівномірність надходження, яка до того ж визначається погодними умовами.

Крім того, існуючі теплоприймачі сонячної енергії являють собою системи високої технічної складності та потребують великих затрат на виготовлення та обслуговування.

Незважаючи на це, очевидні переваги сонячної енергії перед іншими її видами постійно стимулюють процес пошуку оптимальних конструктивних рішень принципів схем геліоприймачів та інших елементів сонячних теплоенергетичних установок. Нині можна спостерігати стійку тенденцію до ширшого використання геліоустановок з метою енергозабезпечення автономних об'єктів.

10. Теплогенерація шляхом поглинання певною речовиною електромагнітних хвиль радіочастотного діапазону має місце в процесі сушіння рослинної та іншої

продукції. Однак низький ККД використання енергії первинних енергоносіїв та значна складність технічної реалізації роблять цей спосіб недоцільним щодо його масового використання у тепlopостачанні будівель.

11. Лазерне опромінення, як спосіб генерації тепла для побутових потреб, попри широкі функціональні можливості, відносну безпечність та екологічність не є доцільним для масового використання через низький загальний ККД використання енергії та високу технічну складність реалізації.

12. Спалювання дров, торфу та вугілля – традиційний спосіб забезпечення потреб людей у теплі. Головні переваги цього способу: значні запаси і доступність палива та простота його реалізації. Однак, даний спосіб має ряд суттєвих недоліків:

- велика трудомісткість підготовки палива і процесу опалення;
- низькі ККД і якість опалення;
- пожежонебезпечність та реальна загроза отруєння чадним газом;
- забруднення оточуючого середовища відходами.

Саме тому є актуальним пошук альтернативних енергоносіїв і способів теплозабезпечення будівель.

13. Досить високими і близькими поміж собою характеристиками володіють способи генерування тепла шляхом спалювання рідких нафтопродуктів та газу. Вони забезпечують достатню якість обігрівання і гарячого водopостачання будівель; піддаються автоматизації, що вводить трудомісткість процесу опалення практично до нуля; значно безпечніші ніж пічне опалення твердим паливом.

Однак даному способу, як і всім процесам одержання тепла шляхом спалювання органічного палива, притаманний спільний недолік принципового характеру – споживання атмосферного кисню. Ця проблема набула глобального характеру, про що красномовно свідчать наступні дані. В Україні для побутових потреб спалюється щорічно вугілля, нафтопродуктів та газу в кількості еквівалентній 60 млн.т.у.п. [8]. Поряд з цим половина сільських будинків опалюється дровами [9], використання даного виду палива кожним з яких оцінюється в 40 млн.т.у.п. Тобто загальна кількість органічного палива, яка спалюється щорічно для задоволення побутових потреб, становить близько 100

млн.т.у.п. А спалювання такої кількості палива потребує такої кількості кисню, що його виділяє 20 млн.га лісу [9].

Цей принциповий недолік генерації тепла шляхом спалювання органічного палива у випадку використання рідкого та газоподібного палива, додатково ускладнюється необхідністю вдаштування надійної вентиляційної системи, яка істотно знижує ефективність обігрівання будинку, складністю конструкції автономних теплогенераторів, постійним зростанням цін на енергоносії та деякими іншими факторами.

## **1.4 Системи геотермального теплопостачання**

### **1.4.1 Теплові насоси**

Залежно від використовуваного джерела тепла [10], геотермальні системи теплових насосів бувають замкнутого та відкритого типу, де використовується наземне, підземне тепло землі або тепло ґрунтових вод, повітряні теплові насоси, де джерелом відбору тепла є повітря, і теплові насоси, що використовують вторинне тепло, як джерело і найбільш доцільним варіантом для промислових об'єктів, де є зайве тепло, що потребує утилізації.

Вибір того чи іншого джерела тепла та його ефективність фактично залежить від середньорічних кліматичних умов певного регіону та їх впливу на дане джерело теплоносія. Найефективнішим в такому випадку є відбір тепла з ґрунту, оскільки на глибині в кілька метрів температура ґрунту не змінюється протягом року. Відповідно завдяки цьому установка теплового насоса практично незалежна від погодних умов.

Першочерговою перевагою теплових насосів є висока економія при їх експлуатації, оскільки для передачі в систему теплопостачання, організовану на його базі, 1 кВт/год теплової енергії такої установки потрібно затратити всього 0,2-0,35 кВт/год електроенергії. Наприклад, коефіцієнт корисної дії при перетворенні теплової енергії в електричну на найбільших електростанціях рівний або менше 50%, ефективність споживання паливних ресурсів при застосуванні теплового насосу в даному випадку істотно підвищується. Серед переваг застосування



теплових насосів для теплопостачання варто також зазначити суттєве спрощення вимог до системи вентиляції приміщення, а також підвищення рівня пожежної безпеки. Невисокі експлуатаційні витрати, за рахунок того, що основні системи теплового насоса функціонують з використанням замкнутих контурів. Можливість переходу в літній період з режиму опалення на режим кондиціонування приміщення, також є однією з переваг цієї системи. Надійність теплових насосів також є важливим фактором на їх користь. Можливість широкого застосування автоматизації в системах керування підвищує оперативність та ефективність даних систем. Для кожного споживача конструкція системи із застосуванням теплового насоса має індивідуальний характер. Насос досить компактний за розмірами та майже безшумний.

Серед недоліків теплових насосів, які використовуються для теплопостачання приміщень, можна віднести їх велику вартість, однак вкладені в установку цього обладнання кошти окупляться протягом 4-6 років.

Тепловий насос – це екологічно чистий та найекономніший вид теплопостачання, який дозволяє отримувати тепло для опалення та гарячого водопостачання з природних джерел (ґрунтові води, ґрунту). З використанням теплового насосу  $2/3$  опалювальної енергії можна отримати безкоштовно з природи і лише  $1/3$  – за рахунок електроенергії. Що на сьогоднішній день є дуже вигідно. Крім того, термін експлуатації ґрунтового колектора не менше 100 років.

Графічне зображення горизонтального ґрунтового колектора наведено на рис. 1.1.

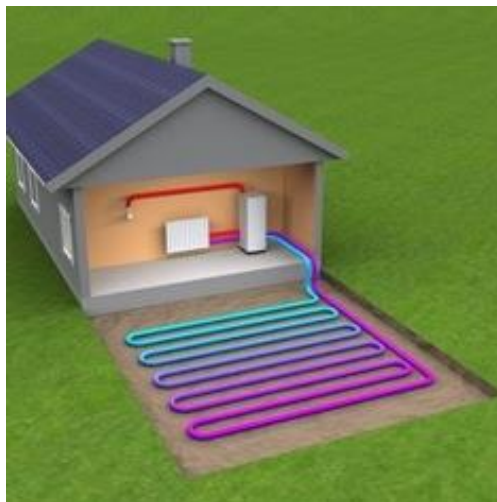


Рис.1.1 – Горизонтальний ґрунтовий колектор

Ґрунт – стабільне джерело розсіяної теплової енергії. Незалежно від температури зовнішнього повітря, ґрунт має сталу температуру, нижче глибини промерзання. Трубопроводи, по яких циркулює рідина на неутруйній основі (розсіл), закопується в землю на глибину нижче 1 м. з мінімальною відстанню між сусідніми трубопроводами – 1 м. Немає необхідності в підготовці ґрунту, засипаннях і т.п. Орієнтовна тепла потужність, що приходить на 1 метр погонний трубопроводу – 20...30 Вт [10].

Графічне зображення вертикального ґрунтового колектора наведено на рис. 1.2.



Рис. 1.2 – Вертикальний ґрунтовий колектор

Система, що складається з довгих пропіленових труб, опускаються в свердловину на глибину 50-250 метрів. Тут не потрібна велика ділянка землі, однак є необхідність у дорогих роботах по бурінню свердловин. На глибині зберігається стала температура – близько 9 °С, саме тому даний вид ґрунтового колектора є найбільш ефективним [10].

Графічне зображення водяного колектора наведено на рис. 1.3.

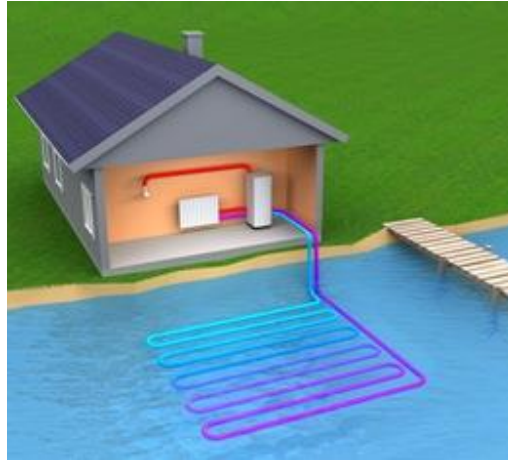


Рис. 1.3 – Водяний тепловий насос (водяний колектор)

В даному випадку, укладка контура відбувається на дні водойми. Істотними перевагами такого методу є короткий зовнішній контур та відносно висока температура навколишнього середовища, до того ж температура води у водоймі завжди плюсова, високий коефіцієнт перетворення енергії. Орієнтовна теплова потужність одного метра погонного трубопроводу – 30 Вт. Для того щоб трубопровід не піднімався на поверхню, на 1 м трубопроводу закріплюється привантаження вагою 5 кг [10].

Графічне зображення повітряного колектора наведено на рис. 1.4.

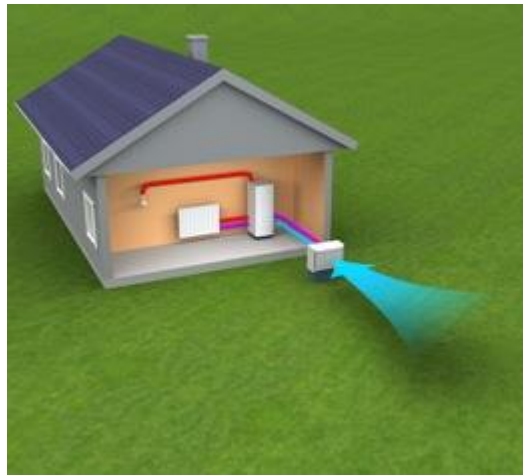


Рис.1.4 – Повітряний тепловий насос (повітряний колектор)

Графічне зображення спірального колектора наведено на рис. 1.5.

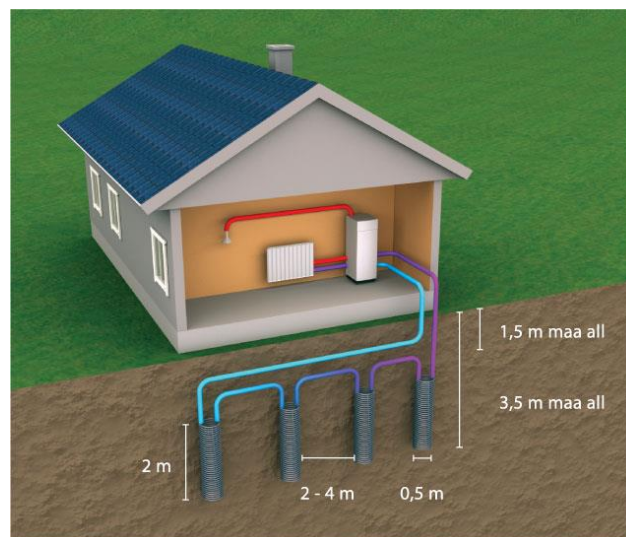


Рис.1.5 – Грунтовий тепловий насос (спіральний колектор)

Спіральні колектори монтуються там, де не має місця для ґрунтового колектора. Виготовляють спіралі довжиною 2 і 3 метра. При розрахунку спірального колектора потрібно враховувати тип ґрунту. Для сухого ґрунту з однієї двохметрової спіралі знімається потужність 250-300 Вт, а з вологого 400-500 Вт [17].

#### 1.4.2 Геотермальне теплопостачання багатоповерхових будівель

На сьогоднішній день геотермальні теплові насоси вважаються найефективнішими теплогенераторами, оскільки вони надійні, довговічні та безпечні в експлуатації. На відміну від теплових насосів типу «повітря-вода», геотермальні теплові насоси здатні зберігати свою теплопродуктивність при змінах пір року та температури зовнішнього повітря, так як вони транспортують низькопотенціальну теплову енергію землі, температура якої завжди стабільна. Крім того, за допомогою геотермальних теплових насосів достатньої потужності цілком можливий варіант автономного і незалежного тепlopостачання багатоповерхових житлових об'єктів.

Для забезпечення багатоповерхової будівлі достатньою тепловою потужністю необхідно виділити досить багато місця для прокладання теплового контуру. Спосіб горизонтального розміщення контуру в даному випадку не підходить, тому що вільний простір обмежений. Доцільнішим буде влаштування вертикального теплового контуру з бурінням свердловин.

Після виконання свердловини всередину опускається теплообмінник а в кінці всі свердловини з'єднуються в колекторі і підключаються до системи тепlopостачання будівлі. Тепловий забір з одного метра свердловини становить приблизно 40 Вт, що набагато вище ніж при горизонтальному контурі. Таким чином, для забезпечення теплової потужності, наприклад, в 240 кВт потрібно пробурити 40 свердловин по 150 метрів, що сумарно дає 6000 метрів погонних для теплового контуру.

Тепер необхідно підібрати та ув'язати в таку систему внутрішні блоки теплового насосу. Для виведення потрібної теплової потужності в систему опалення приймемо два блоки керування «NIBE F1330» потужністю 60 кВт. Пристрій містить два модулі теплового насоса, що дає змогу налаштувати два контура подачі теплоносія з різною температурою та блок центрального процесора з дисплеєм, що дозволяє керувати роботою теплового насосу а також підключати додаткові нагрівальні пристрої. Тепловий насос обладнаний циркуляційним насосом для полегшення підключення до контурів циркуляції теплоносія та розсолу. Розсіл – речовина, що не замерзає при низьких температурах до  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Даний антифриз зазвичай отримують змішуванням однієї частки пропіленгліколя з двома частками води. Розсіл циркулює по тепловому контуру теплообмінника, відбираючи теплоту низькопотенціального джерела, та передає своє тепло холодоагенту в випарнику теплового насоса. Холодоагент в свою чергу випаровується, а його пар стискається в компресорі, тоді холодоагент з підвищеною температурою подається в конденсатор, де він передає свою енергію в контур циркуляції теплоносія.

### **1.5 Доцільність переходу на електроопалення та альтернативні способи генерації тепла**

У зв'язку з інтенсивним будівництвом нових об'єктів житлового фонду, комерційної діяльності, об'єктів виробництва, тощо, зростає потреба в енергоносіях та ціни на паливні ресурси. Раціональним рішенням буде перехід на альтернативні джерела теплової енергії та електричні теплогенератори. На вибір системи опалення мають вплив багато чинників: доступність певного виду палива, екологія, проектні рішення, об'єм об'єкта будівництва, фінансові можливості та багато іншого.

Електричні водонагрівачі у поєднанні з низькопотенціальними теплогенераторами можуть забезпечити потреби в теплопостачанні при значній економії коштів, а при використанні акумуляційного обігріву по нічному тарифу, економія подвоюється.

### **1.6 Акумуляційний обігрів**

Акумуляційний обігрів – це економічний і безпечний спосіб обігріву. Головна особливість його роботи полягає в тому, що накопичення теплової енергії відбувається в години, коли діє дешевий тариф (так званий нічний) з 23.00 до 07.00, а віддача тепла – цілодобово.

Істотний позитивний момент таких обігрівачів полягає у тому, що вони накопичують значну кількість тепла при мінімальному навантаженні

енергосистеми, а віддають його протягом доби, споживаючи електроенергію тільки вночі.

Добовий цикл роботи акумуляційних нагрівачів можна розділити на два етапи:

- Перший – це накопичення (нагрівання), на якому електрична енергія з електромережі використовується, головним чином, на нагрівання акумулюючого блоку (до  $600^{\circ}\text{C}$ ), а частина – безпосередньо на обігрів приміщення.

- Другий етап – розрядка, на якому тепло віддається для обігріву приміщення шляхом теплового випромінювання, природної конвекції, а в динамічних акумулюючих обігрівачах – процес віддачі тепла відбувається також за рахунок примусового видування нагрітого повітря регульованим вентилятором, керованим програматором температури. Максимальний час роботи в режимі споживання енергії – 8 год., найбільший час віддачі тепла акумулюючим блоком (не включаючи в електричну мережу) – 16 год.

За наявності приладів обліку споживання електричної енергії за часом доби, проводяться розрахунки з населенням [9]:

- за двозонним тарифом: 0,7 від тарифу вночі під час найменшого навантаження системи, повний тариф;
- за тризонним тарифом: повний тариф у періоди половини пікового навантаження; 0,4 від тарифу вночі під час мінімального навантаження системи; 1,5 тарифу в час максимального навантаження системи.

### **1.7 Режими роботи та потужність теплового насоса**

Вибір режиму роботи та потужності теплового насоса залежить від джерела низькопотенційної енергії та від типу опалювальної системи. Перед тим як вибрати режим роботи теплового насоса та його номінальну потужність, потрібно визначити та врахувати усі фактори.

Тепловий насос може працювати в двох основних режимах:

- Моновалентний;
- Бівалентний.

У моновалентному режимі тепловий насос повністю забезпечує усе теплове навантаження в системі опалення будівлі (Рис 1.6). Потужність теплового насоса при цьому повинна бути рівною або більшою ніж пікова теплова потужність системи. Максимальна температура подачі теплового насоса також має бути вище, ніж максимальна розрахункова температура системи опалення та гарячого водопостачання. При цьому оптимальними є такі джерела теплової енергії, як ґрунт та ґрунтові води, тому що вони майже незалежать від зовнішніх температур і поставляють тепло в достатній кількості навіть при низьких температурах.

Оскільки тепловий насос бере тепло від низькопотенціальних джерел енергії, максимальна температура подачі теплоносія не завжди може забезпечити необхідні параметри, а початкові капіталовкладення на обладнання та його монтаж є досить

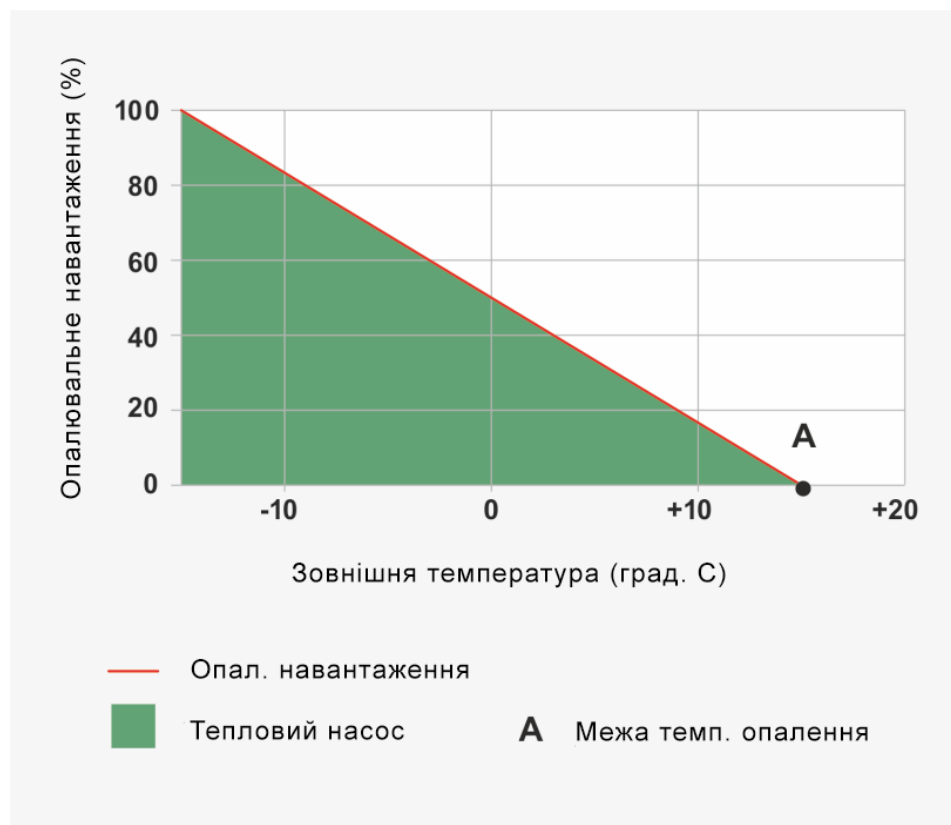


Рисунок 1.6 – Моновалентний режим роботи теплового насоса високими, то такий режим роботи є доцільним лише для систем опалення малих об'ємів.

Для влаштування систем опалення в будівлях великих об'ємів, для подачі в систему теплоносія більш високої температури при низьких температурах



зовнішнього повітря, при цьому зменшивши початкові капіталовкладення, слід вибирати бівалентний режим роботи теплового насоса. У бівалентному режимі тепловий насос працює у поєднанні з іншим теплогенератором: електричним, газовим, твердопаливним котлом та ін. Максимальна потужність системи опалення визначається з урахуванням найбільш холодної п'ятиденки опалювального сезону. Насправді такі низькі температури мають рідкісний та короткочасний період. Більшу частину сезону опалювальна система навантажена менше ніж на 50% від максимальної потужності.

Середня температура за опалювальний сезон рівна  $+1,1$  °C. Кількість годин при температурі  $-10$  °C становить не більше 7%. Підбравши максимальну потужність теплового насоса, можна скоротити початкові витрати на тепловий насос, обладнання та монтаж на 30-40% при цьому забезпечивши до 92% потреб на опалення та гаряче водопостачання.

В даному випадку температура  $-10$  °C є бівалентною температурою, або точкою бівалентності. За температури нижче бівалентної тепловий насос може вимикатися або ж працювати разом із додатковим теплогенератором, та при цьому не забезпечувати всю потребу в теплі. Тому існує три види бівалентного режиму роботи теплового насоса:

- Бівалентний альтернативний
- Бівалентний допоміжний
- Бівалентний комбінований

В альтернативному режимі тепловий насос буде забезпечувати теплове навантаження в будинку, поки не досягне точки бівалентності, після чого він вимикається, а все навантаження забезпечує допоміжний теплогенератор (Рис 1.7).

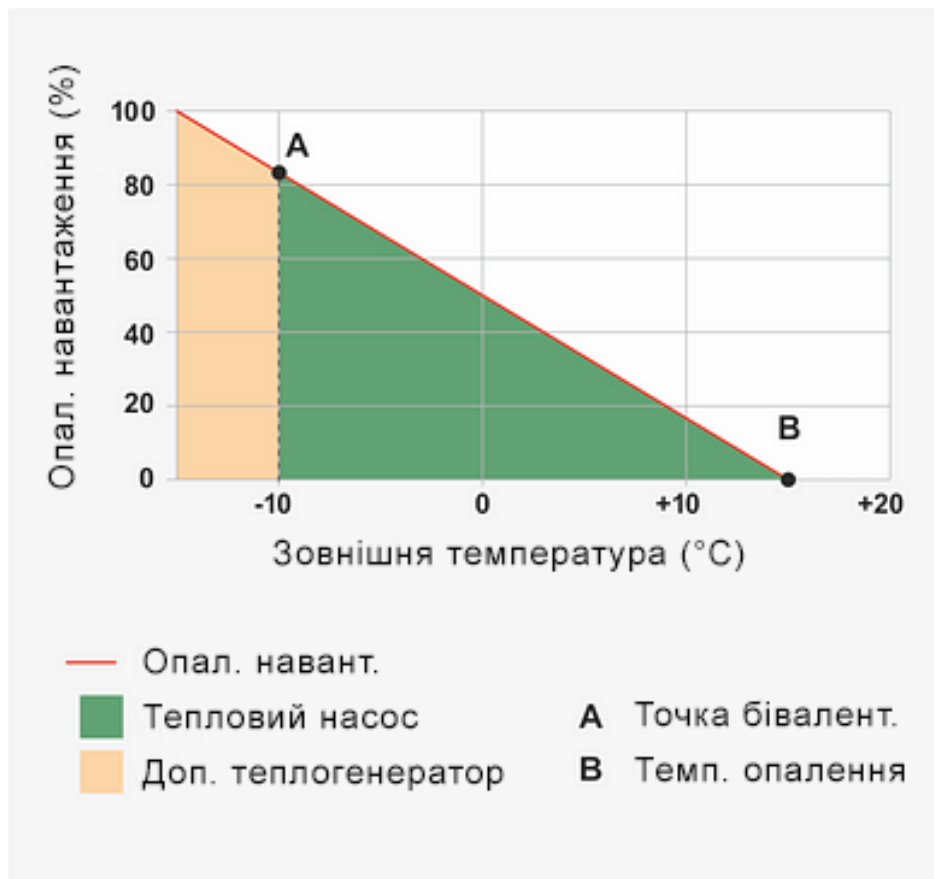


Рисунок 1.7 – Бівалентний альтернативний режим роботи теплового насоса

В допоміжному режимі роботи тепловий насос повністю забезпечує теплове навантаження до точки бівалентності, але при досягненні точки він продовжує працювати в поєднанні з додатковим теплогенератором (Рис 1.8).

Допоміжний теплогенератор в такому випадку виконує функцію догрівання теплоносія від точки бівалентності до потрібної температури. Потужність додаткового теплогенератора вибирається, виходячи з недостатньої потужності пікового навантаження, а потужність теплового насоса підбирається для бівалентної температури.

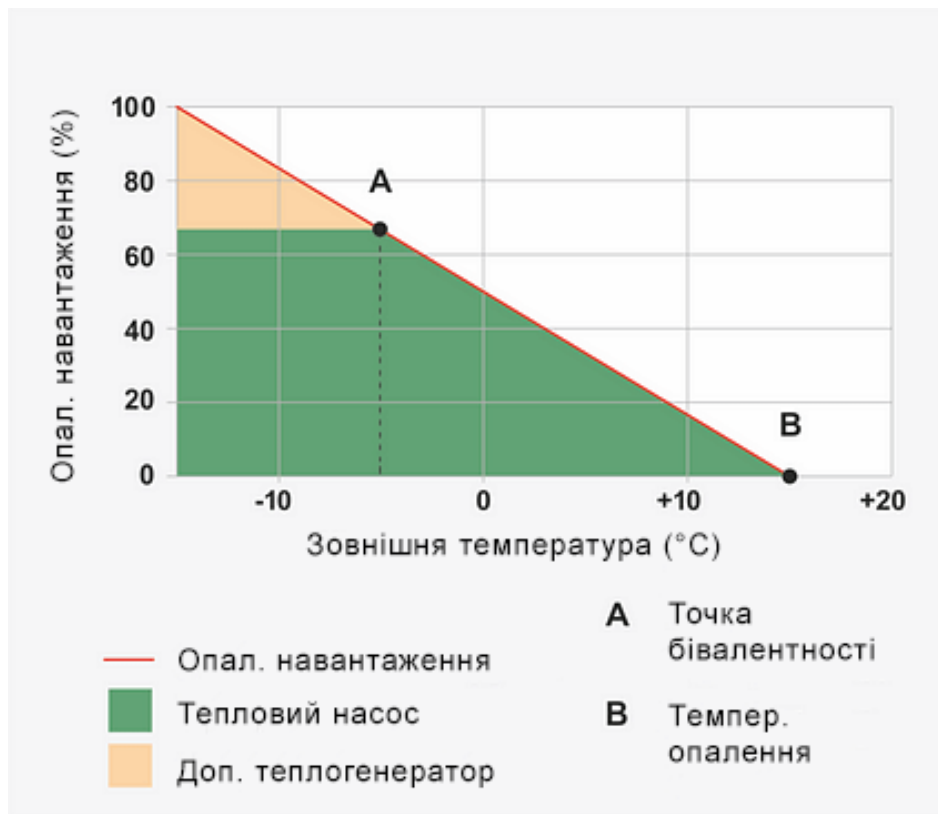


Рисунок 1.8 – Бивалентний допоміжний режим роботи теплового насоса

Комбінований режим – це поєднання особливостей попередніх режимів роботи теплового насоса. Тепловий насос не вимикається при досягненні точки бивалентності, а працює паралельно з допоміжним джерелом тепла до мінімальної можливої температури повітря (Рис 1.1.4).

Оптимальним вважається варіант підбору теплових насосів, які будуть покривати 60-70% від номінальної розрахункової теплової потужності системи опалення та ГВП будівлі. При цьому тепловий насос буде працювати як основний теплогенератор та забезпечувати до 90-95% необхідного тепла в будинку.

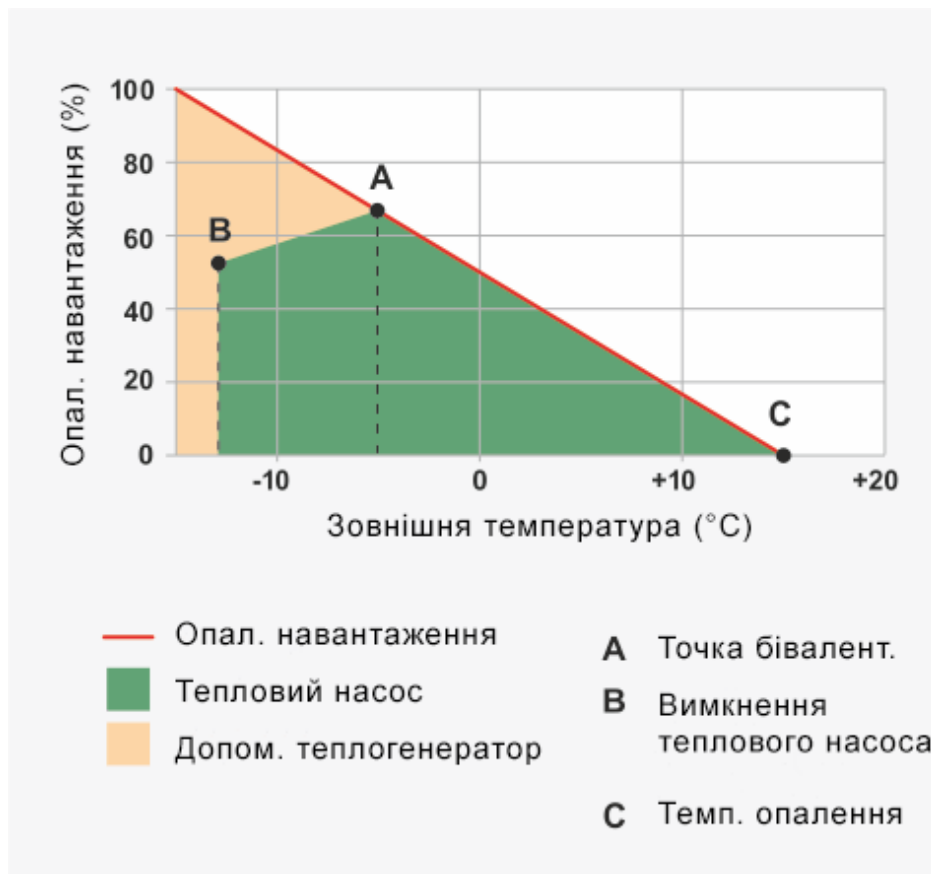


Рисунок 1.9 – Бівалентний комбінований режим роботи теплового насоса

## 1.8 Термoeкономічний аналіз та оптимізація бівалентних установок на базі теплових насосів

### 1.8.1 Схемні рішення бівалентних теплонасосних систем

Найбільш поширена схема для бівалентних теплонасосних установок (БТНУ) є схема, при якій догрів теплоносія відбувається теплообміннику, який виконує функцію бойлера з використанням теплоносія мережі централізованого тепlopостачання (Рис. 1.10)

Згідно з даною схемою, теплоносій спочатку нагрівається в тепловому насосі за рахунок термічної трансформації утилізованого середовища, тоді відбувається догрівання теплоносія до потрібної температури в бойлері.

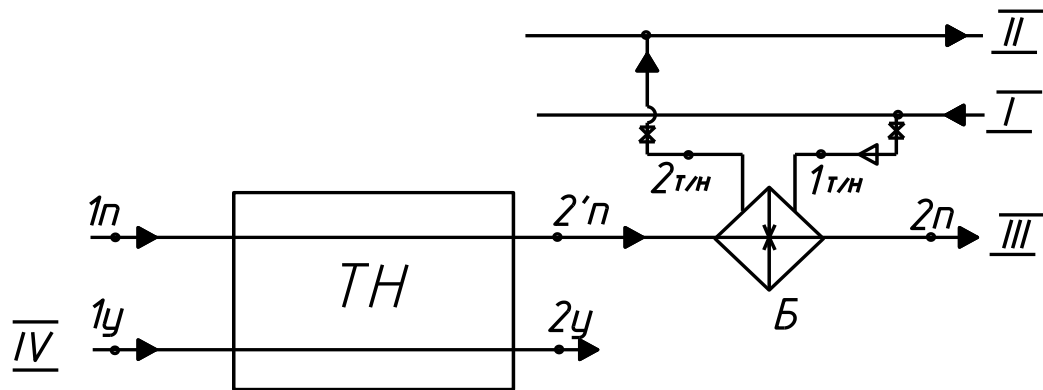


Рисунок 1.10 Схема БТНУ з догріванням теплоносія від централізованої тепломережі: ТН- тепловий насос; Б-бойлер; I- лінія подачі тепломережі; II- зворотна лінія тепломережі; III - середовище споживача; IV- середовище, що утилізується

В певних випадках для бойлера можуть застосовуватись продукти згорання теплогенератора як теплоносій, якщо значення його температури вище ніж значення точки роси, тобто тоді, коли можна використати теплоту конденсації водяної пари, яка входить до складу продуктів згорання. Крім того, для догрівання в бойлері також можна використати продукти згорання двигунів, за умови якщо теплового потоку продуктів згорання недостатньо щоб забезпечити повну теплопродуктивність в діапазоні значень температури середовища споживача.

Максимально простим схемним розв'язанням є догрівання середовища споживача за допомогою електронагрівачів (Рис. 1.11)

Бівалентні теплові насоси, які працюють за наведеною схемою, відрізняються від інших високим рівнем автоматизації, простотою експлуатації та мають місце в застосуванні для установок автономного кондиціонування повітря та нагрівання води.

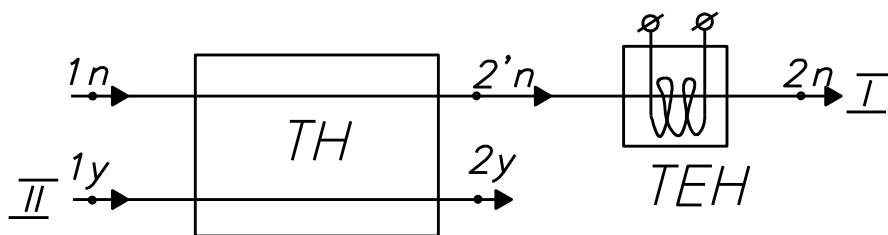


Рисунок 1.11 – Схема БТНУ з електронагрівачем (ТЕН): ТН-тепловий насос; ТЕН-бойлер з електронагрівачем; I-середовище споживача; II- середовище, яке утилізується

Використання теплогенератора в ролі компонента БТНУ значно розширює можливості схемних розв'язків системи тепlopостачання. В першу чергу це стосується можливості використання енергетичного потенціалу продуктів згорання для підігріву середовища, яке циркулює через тепловий насос, що приводить до збільшення коефіцієнта енергоперетворення теплового насоса.

За іншою схемою продукти згорання теплового генератора можуть служити як утилізоване середовище для іншого теплового насоса, що розташований за тепловим генератором в лінії нагріву середовища споживача.

## 1.9 Обґрунтування економічної доцільності виконання бівалентної схеми роботи теплових насосів

### 1.9.1 Економічна доцільність на стадіях капітальних вкладень та експлуатації системи опалення

Для досягнення максимальної економії при монтажі та експлуатації системи опалення без втрат ефективності необхідно розрахувати найбільш доцільний варіант комплектації теплогенераторів та допоміжного обладнання індивідуального теплового пункту. Теплогенеруюче обладнання підбирається так, що б його тепла потужність покривала теплове навантаження системи опалення. Теплові насоси широко використовуються для тепlopостачання будівель малих об'ємів, тому їх тепла потужність невисока. Економічно недоцільним буде

покриття теплового навантаження багатоквартирного будинку лише за рахунок дорогих теплових насосів.

Електронагрівачі є досить економічним рішенням, порівняно з паливними теплогенераторами. При цьому вони є досить потужними для забезпечення потреб теплопостачання великих об'ємів. Вони є дешевими в монтажі та недорогими в експлуатації.

Для отримання максимального економічного ефекту при монтажі та експлуатації прийнято до встановлення обох типів теплогенераторів в бівалентному режимі роботи. Така схема дозволить зменшити початкові капіталовкладення за рахунок покриття частини теплового навантаження електричними котлами, та зменшити затрати на електроенергію при експлуатації системи за рахунок теплових насосів, які дають майже дармове тепло при незначному електроспоживанні. Також прийнято до встановлення баків – акумуляторів, які будуть накопичувати тепло в нічний період за дешевшим тарифом.

Для розрахунку загальної довжини прокладки геотермальних зондів, які зможуть забезпечити теплову потужність теплових насосів, необхідно визначити геологічні особливості району будівництва. Для Черкаської області характерний вологий клімат, а ґрунти складаються переважно з глинистих, піщаних та вапнякових порід. Такий тип ґрунтів дозволяє відбирати 40-50 Вт тепла за один метр погонний геотермального зонда. Для забезпечення сумарної теплової потужності теплових насосів 240 кВт необхідно влаштувати поле геотермальних зондів сумарною довжиною:  $240\ 000 \div 40 = 6000$  м. Отже, потрібно влаштувати поле з 40 ґрунтових зондів довжиною по 150 м кожен.

## Висновок до розділу

В науковому розділі магістерської роботи виконано аналіз уже відомих рішень проектування системи теплопостачання із застосуванням джерел альтернативної енергії, також було розглянуте питання опалення будівлі великої поверховості за допомогою автономної комбінованої системи геотермального теплопостачання на альтернативних джерелах енергії та розроблено ефективну схему впровадження такої системи.

Проведено аналіз конструктивних особливостей теплових насосів та наведено їх основну класифікацію. На основі аналізу обрано найбільш оптимальний варіант ґрунтового теплового насосу – із вертикальним ґрунтовим колектором.

Було розроблено концептуальну схему системи опалення багатоповерхової будівлі з використанням ґрунтових теплових насосів та електричних теплогенераторів, які будуть працювати в бівалентному режимі, поєднуючи у собі переваги ефективної та економічно вигідної експлуатації системи опалення, і відносно невисокою початковою вартістю обладнання, проектних, монтажних та пусканалагоджувальних робіт.



## 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### 2.1 Основні положення та вихідні дані. Технологічні особливості об'єкту будівництва, економічна доцільність та проектні можливості

В даній роботі передбачається проектування та розрахунок енергоефективної системи теплопостачання 9-поверхової житлової будівлі у м. Черкаси.

Будівля має 9 житлових та один підвальний поверх. Призначення приміщень будівлі різне: спальні кімнати, підсобні приміщення, санвузли, ванні кімнати, кухні.

Висота поверхів будівлі – 3 м, висота підвального поверху – 2,8 м. Сумарна площа забудови становить 5256 м<sup>2</sup>. Загальний об'єм будівлі становить 15768 м<sup>3</sup>.

Кількість стояків у системі опалення – 10. Від стояків передбачено розведення трубопроводів по поверхах в приміщеннях до опалювальних приладів. На радіаторах встановлені терморегулятори. Система опалення складається з таких елементів, як:

- радіатори марки «KORADO VK11» та «KORADO VK22»;
- опалювальний пункт, що включає в себе: два електричні котли, чотири теплові насоси, три баки-акумулятори, ґрунтові колектори, додаткове обладнання та регулююча арматура;
- трубопровідна мережа з поліпропіленових труб;

Основними даними для проектування є:

- проектна документація будівництва багатопверхового житлового будинку;
- технічна документація на основне та допоміжне обладнання.

Проектування та впровадження автономних систем опалення є економічно доцільним для забезпечення нормальної життєдіяльності людей, що користуються опалюваним простором. Через довготривале використання систем централізованого теплопостачання теплові мережі зазнають значного зносу, пошкоджень матеріалу труб та термоізоляції. Внаслідок цього спостерігаються значні тепловтрати, а температура води в системі теплопостачання не відповідає

нормам. Для забезпечення подачі теплоносія з відповідними параметрами, необхідно робити капітальний ремонт теплотрас, що є дуже затратно.

Як альтернативне рішення даної проблеми є застосування індивідуальних та місцевих систем опалення. Перевагою такої системи є те, що близьке розташування джерела тепла дозволяє значно знизити втрати тепла при його виробництві та транспортуванні.

При встановленні автономних систем опалення спостерігається економічний ефект за рахунок таких факторів:

- 1) зниження капітальних вкладень на будівництво споруд;
- 2) економія труб, будівельних та ізоляційних матеріалів;
- 3) повна економічність – виключаються тепловтрати в теплових мережах при розподіленні між споживачами;
- 4) можливість індивідуального автономного регулювання тепла і зменшення витрати на транспортування теплоносія;
- 5) короткий термін вводу в експлуатацію порівняно з іншими системами;
- 6) забезпечення повернення вкладених капіталів;

## **2.2 Проектна потужність об'єкту**

Дана система опалення являє собою закритий контур, по якому рухається теплоносій. В якості теплоносія використовується вода. Теплоносій нагрівається в опалювальному пункті за допомогою теплових насосів, які працюють в бівалентному режимі з електричними котлами. В теплогенераторах теплоносій нагрівається до необхідної температури. Далі теплоносій надходить до баків-акумуляторів які нормалізують рівень температури води після чого теплоносій подається до опалювальних приладів. Охолоджений теплоносій повертається для повторного нагрівання по зворотньому трубопроводу.

Влаштування теплового пункту передбачається в приміщенні підвального поверху. В якості теплогенераторів в опалювальному пункті передбачається встановлення електричних котлів та теплових насосів, тобто 2 електричні модулі нагріву «Титан», 4 теплових насоса типу «грунт-вода».

Витрата теплоти на опалення будинку – 330 кВт.

### **2.3 Чисельність робочих місць**

В автономному пункті не передбачається постійного перебування обслуговуючого персоналу. Контроль роботи опалювального пункту здійснюється диспетчерською службою, диспетчерський пункт контролює наступні параметри системи: аварійна зупинка, показники температури теплоносія, показники тиску в системі, напір, тощо.

Для роботи в диспетчерській необхідно 2 працівника, що працюють позмінно через кожні 24 год.

Періодичний огляд та ремонт опалювального пункту виконує бригада з 3-х слюсарів-ремонтників, за графіком.

### **2.4 Матеріальна оцінка впливів на навколишнє середовище**

Для безпечного та комфортного проживання в будинку людей, приміщення забезпечуються необхідною температурою, що контролюється встановленими регулюючими приладами.

Радіатори, теплові насоси, електричні котли, трубопровідна арматура та трубопроводи мають відповідність усім сучасним вимогам технологічних, санітарно-гігієнічних, техніко-економічних, архітектурно-будівельних та монтажних умов. Тому в приміщеннях будинку відсутні будь-які шкідливі впливи на навколишнє середовище та організм людини.

### **2.5 Ефективність використання акумуляційного електричного обігріву**

Теплота згорання 1 м<sup>3</sup> газу складає 34 МДж/м<sup>3</sup>.

Корисна теплота визначається за формулою:

$$Q_k = Q \cdot \eta, \quad (2.1)$$

де Q – теплота згорання 1 м<sup>3</sup> газу;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії котла ( $\eta = 0,98$ ).

$$Q_k = 34 \cdot 0,98 = 33,3 (\text{МДж} / \text{м}^3).$$

Ціна одного кубометра газу становить 3 грн. 65 коп.

Визначаємо вартість 1 МДж енергії, отриманої при спалюванні 1 м<sup>3</sup> газу

$$C_{\text{МДж}}^G = \frac{C_{\text{м}^3}^G}{Q_k} = \frac{3,65}{33,3} = 0,1 (\text{грн.} / \text{МДж}). \quad (2.2)$$

Визначимо також вартість 1 МДж, отриманого за допомогою електроенергії. Вартість 1 кВт/год складає 41,94 коп [7].

В даному випадку використовується акумуляційне обігрівання, при якому електроенергія споживається лише вночі, а віддається цілодобово. Оплата здійснюється по тризонному тарифі, який становить 0,4 від повного тарифу, а саме

$$41,94 \cdot 0,4 = 16,78 (\text{коп}) = 0,1678 (\text{грн}).$$

Переведемо кВт/год в МДж

$$1 \frac{\text{кВт}}{\text{год}} = 3600 \text{кДж} = 3,6 \text{МДж}.$$

Визначаємо вартість 1 МДж енергії, отриманої за допомогою електроенергії

$$C_{\text{МДж}}^E = \frac{0,1678}{3,6} = 0,05 (\text{грн.} / \text{МДж}).$$

Отже, з даних розрахунків можна зробити висновок, що електричний обігрів дешевший за обігрів газовими котлами на 50%.

## 2.6 Розрахункова вартість будівництва

2.6.1 Розрахунок капітальних вкладень на влаштування автономного теплового пункту та ґрунтових зондів

Вартість буріння 100 м.п. свердловини – 17300 грн. Вартість буріння 6000 м свердловин складає:  $60 \times 17300 = 1038000$  грн.

Вартість одного геотермального зонда довжиною 150 м – 7 804 грн. Вартість 40 зондів складає:  $40 \times 7804 = 312160$  грн.

Вартість одного електричного модуля нагріву – 70000 грн. (140000 грн. – вартість двох модулів).

Вартість одного теплового насоса – 300000 грн. (1200000 грн. – вартість чотирьох теплових насосів).

Вартість одного бака акумулятора – 49000 грн. (147000 грн. – вартість трьох баків акумуляторів).

Вартість допоміжного обладнання індивідуального теплового пункту (в. т. ч. трубопроводів) – 10000 грн.

Загальна величина капітальних вкладень включає:

- Загальна вартість основного та допоміжного обладнання – 1497000 грн.
- Вартість проектних та монтажних робіт приймаємо 15% від вартості обладнання [15]:

$$0,15 \cdot 1\,497\,000 = 223\,050 \text{ грн.}$$

- Вартість пусконаладжувальних робіт приймаємо 5% від вартості обладнання [15]:

$$0,05 \cdot 1\,497\,000 = 74\,850 \text{ грн.}$$

- Позабюджетні фонди (1,2%) – 17964 грн.

- ПДВ (20%) – 299 400 грн.

Всього: 3462424 грн.

2.6.2 Розрахунок капітальних вкладень для будівництва теплотраси

Вартість одного метра теплотраси – 400 грн. Враховуючи базисну кошторисну вартість будівельно-монтажних робіт користуємося індексом  $k_i = 1,3$  [15].

Довжина теплотраси складає 650 м, отже вартість всієї теплотраси:

$$400 \times 1,3 \times 650 = 338000 \text{ (грн)}$$

Загальні капіталовкладення включають:

- 1) Вартість влаштування теплотраси – 338000 грн.
- 2) Проектні роботи, вартість яких приймаємо 15% вартості будівництва теплотраси [47]:

$$0,15 \cdot 338000 = 50700 \text{ грн.}$$

- 3) Вартість монтажу теплотраси приймаємо 30% від вартості її влаштування[47]:

$$0,3 \cdot 338000 = 101400 \text{ грн.}$$

- 4) Вартість пускових та налагоджувальних робіт приймаємо 5% вартості влаштування теплотраси [47]:

$$0,05 \cdot 338000 = 16900 \text{ грн.}$$

- 5) Позабюджетні фонди (1,2%) – 4056 грн.

- 6) ПДВ (20%) – 67600 грн.

Всього: 578656 грн.

## 2.7 Визначення річної витрати енергоресурсів котельною установкою

Річні витрати електричної енергії котельною установкою визначаються за формулою:

$$V_{el}^{рiч} = 24 \cdot V_{el}^{год} \cdot N \cdot n, \text{ кВт/рік} \quad (3.16)$$

де  $V_{el}^{год}$  – годинна витрата електроенергії на теплогенератор ( $V_{el}^{год} = 145$  кВт/год);

$n$  – кількість працюючих теплогенераторів;

$N$  – кількість робочих діб,  $N = 176$  діб;

Для електричних котлів приймаємо  $0,5N = 88$  діб (робота в бівалентному допоміжному режимі при високому тепловому навантаженні);

Так як систему запроєктовано із використанням акумуляційного обігріву, при якому заряду акумулятора вистачає на 9 годин, то 6 годин вночі котли працюватимуть за нічним тарифом 0,4 від вартості електроенергії. 9 годин, які будуть припадати на години-пік котли працювати не будуть, відповідно будуть розряджатися акумулятори тепла. Ті 9 годин, які залишилися котли будуть працювати за звичайним тарифом.

Отже, річні витрати електроенергії на роботу електродкотлів складатимуть:

$$V_{\text{ел}}^{\text{річ}} = 6 \cdot 145 \cdot 2 \cdot 88 + 9 \cdot 145 \cdot 2 \cdot 88 = 382800 \text{ (кВт/рік);}$$

Річні витрати електричної енергії на роботу теплових насосів:

$$V_{\text{ел}}^{\text{річ}} = 6 \cdot 14 \cdot 4 \cdot 176 + 9 \cdot 14 \cdot 4 \cdot 176 = 147840 \text{ (кВт/рік);}$$

з них 212 256 кВт буде оплачуватися за нічним тарифом, а 318 384 кВт – за звичайним.

## **2.8 Економічний ефект від влаштування автономного теплового пункту**

Виконується порівняння проекту централізованої системи опалення і проекту з використанням теплового пункту.

За актуальними цінами на електроенергію станом на 2020 рік річна вартість електроенергії складає:

- по нічному тарифу:  $212256 \cdot 0,4 \cdot 0,168 = 14263,6$  грн

- по нічному тарифу:  $318384 \cdot 0,168 = 53488,5$  грн

- сумарно:  $14263,6 + 53488,5 = 67752$  грн

Бюджет витрат на опалення за рік при використанні електричного теплового пункту:

- вартість електроенергії – 67752 грн.;
- експлуатаційні затрати – 10000 грн.;
- амортизаційні затрати (10%) – 6776 грн.
- Всього: 84528 грн.

Бюджет витрат при використанні централізованого опалення від газової котельні:

- на опалення 387722 грн.;
- експлуатаційні затрати 10000 грн.;
- амортизаційні затрати (10%) – 38773 грн.

Всього: 426495 грн.

## 2.9 Економічна ефективність

Розрахунки показали, що початкові капітальні вкладення та експлуатаційні затрати на улаштування теплотраси менші ніж капітальні вкладення та експлуатаційні затрати на улаштування індивідуального опалювального пункту.

$$K_1 > K_2, E_1 < E_2,$$

де  $K_2, K_1$  – відповідно початкові капітальні вкладення для влаштування теплотраси та автономного теплового пункту;

$E_2, E_1$  – відповідно експлуатаційні затрати на влаштування теплотраси та автономного опалювального пункту.

Отже, абсолютний ефект на капітальні вкладення складе [15]

$$K_{\text{еф}} = K_1 - K_2 = 3462424 - 578656 = 2883768 \text{ (грн)}.$$

Абсолютний ефект на експлуатаційних витратах [15]

$$E_{\text{еф}} = E_2 - E_1 = 426495 - 84528 = 341967 \text{ (грн/рік)}.$$

Термін окупності влаштування індивідуального опалювального пункту становить:



$$T_{ok} = \frac{K1}{E_{ef}} = \frac{2883768}{341967} = 8,5 \text{ (років)}$$

Зважаючи на довговічність влаштованих ґрунтових зондів (до 100 років експлуатації), та теплогенеруючого обладнання (20-30 років), а також екологічну безпеку та мінімальні експлуатаційні потреби такий термін окупності є цілком рентабельним.

### **Висновок до розділу**

В даному розділі проведено розрахунок та обґрунтування проектної потужності об'єкту будівництва і параметрів системи, що проектується.

Розраховано чисельність робочих місць, показано оцінку матеріальних впливів на навколишнє середовище та екологію.

Приведено економічну ефективність використання акумуляційного електричного обігріву у порівнянні із використанням для обігріву газових котлів.

Наведено розрахункову вартість капітальних вкладень на влаштування індивідуального теплового пункту та розрахункову вартість на влаштування теплотраси. Вартість влаштування індивідуального теплового пункту складає 3462424 грн., в т. ч.:

- Вартість буріння свердловин – 1038000 грн.
- Вартість геотермального поля – 312160 грн.
- Вартість двох електричних котлів – 140000 грн.
- Вартість чотирьох теплових насосів – 1200000 грн.
- Вартість двох баків акумуляторів – 147000 грн.
- Вартість допоміжного обладнання індивідуального теплового пункту (в. т. ч. трубопроводів) – 10000 грн.
- Вартість проектних та монтажних робіт – 223050 грн.
- Вартість пусконаладжувальних робіт – 74850 грн.
- ПДВ (20%) – 299 400 грн.

- Позабюджетні фонди (1,2%) – 17964 грн.

Описано економічний ефект від влаштування індивідуального теплового пункту та пораховано показники економічної ефективності:

- абсолютний ефект на капітальні вкладення  $K_{\text{сф}} = 3462424$  грн.;
- абсолютний ефект на експлуатаційних витратах  $E_{\text{сф}} = 341967$  грн.;
- термін окупності  $T_{\text{ок}} = 8,5$  років.

## 3 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Природно-кліматична характеристика району забудови

Об'єкт будівництва знаходиться у м. Черкаси. Згідно з розміщенням обрано такі кліматичні характеристики району забудови [14]:

- середня температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки становить  $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- середня температура зовнішнього повітря найбільш холодної доби дорівнює  $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- середня швидкість вітру за січень дорівнює  $4,4\text{ м/с}$ ;
- температурна зона району – I;
- Загальні тепловтрати будинку –  $330\text{ кВт}$ ;
- Загальна теплова потужність –  $346\text{ кВт}$ .

Конструкція зовнішніх огорожуючих конструкцій:

- Кладка з цегли (глина звичайна);
- Утеплювач (мінвата) ;
- Штукатурка (цементно – піщана).

Конструктивні особливості будівлі:

Кількість поверхів – 9;

Висота одного поверху – 3 м;

Схема системи опалення – з поквартирною розводкою;

Джерело теплозабезпечення – тепловий пункт.

### 3.2 Вибір конструкції та теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін будинку

Основною задачею системи опалення є компенсація теплових втрат через огорожуючі конструкції будівлі та втрат на нагрів інфільтраційного повітря, що поступає в приміщення через нещільності. Втрати тепла через огороження, що розділяють опалювані приміщення від зовнішнього повітря або від неопалюваних

приміщень знаходять лише при розрахунковій різниці температури повітря більше ніж  $5^{\circ}\text{C}$ .

Кінцева мета теплотехнічного розрахунку – визначення коефіцієнту теплопередачі через окремі огорожуючі конструкції будівлі (стеля, зовнішні стіни, вікна, перекриття над підвалом). Маючи значення необхідного термічного опору конструкції  $R_{min}^q$ , можна підібрати необхідну товщину шару матеріалу кожного огороження.

Необхідний термічний опір окремого огороження для першої температурної зони:  $3,3 \text{ м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$  [2].

Перший шар – цегла (глиняна звичайна) [2]:

$$\lambda_{\text{цк}} = 0,85 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C});$$

$$S_1 = 9,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C});$$

$$\delta_{\text{цк}} = 0,64 \text{ м};$$

Другий шар – утеплювач (мінвата) [2]:

$$\lambda_2 = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C});$$

$$S_2 = 0,75 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C});$$

$$\delta_2 = 0,10 \text{ м}.$$

Третій шар – штукатурка (цементно – піщана) [2]:

$$\lambda_3 = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C});$$

$$S_3 = 8,69 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C});$$

$$\delta_3 = 0,015 \text{ м}.$$

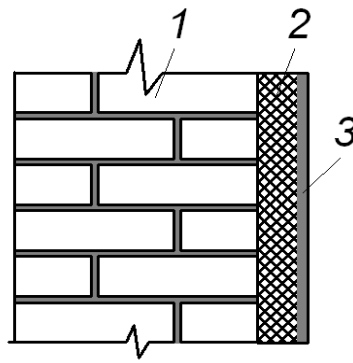


Рисунок 3.1 – Будова стіни

1 – цегла глиняна звичайна; 2 – утеплювач; 3 – штукатурка.

Фактичний термічний опір вибраної конструкції  $R_{пр}^q$  повинен бути рівним або більшим ніж мінімальний термічний опір конструкції  $R_{min}^q$  для даної кліматичної зони [2]. Для цього необхідно розрахувати товщину матеріалів, з яких складається огороження.

Термічний опір шару цегли розраховується за формулою:

$$R_u = \frac{\delta_u}{\lambda_u} \quad (1.1)$$

де:  $\delta_u$  - товщина шару;

$\lambda_u$  - коефіцієнт теплопровідності цегли, Вт/м °С.

Аналогічно розраховується і опір шару утеплювача та шару штукатурки.

Повний фактичний опір огороження підраховується як сума всіх опорів:

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_u}{\lambda_u} + \frac{\delta_y}{\lambda_y} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{1}{\alpha_з} \quad (1.2)$$

де [2]:  $1/\alpha_в$  – 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,  $R_y$ ;

$\delta_{ш}/\lambda_{ш}$  - термічний опір шару штукатурки,  $R_{ш}$ ;

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

Щоб визначити товщину шару утеплювача, потрібно визначити термічний опір, який повинен мати цей шар:

$$R_1 = \frac{0,64}{0,85} = 0,75 \left( \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Wm} \right).$$

Тоді рахуємо необхідний опір теплопередачі утеплювача:

$$R_{ym} = R_{\Sigma}^B - \left[ \frac{1}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_3} \right], \quad (1.3)$$

$$R_{ym} = 3,3 - (0,11 + 0,021 + 0,75 + 0,043) = 2,376 \left( \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Wm} \right).$$

Необхідна товщина шару утеплювача:

$$\delta_{ym} = R_{ym} \cdot \lambda_{ym}, \quad (1.4)$$

$$\delta_{ym} = 2,376 \cdot 0,04 = 0,095(m)$$

Приймаємо товщину утеплювача  $\delta_{ym} = 0,1m = 10cm$ .

Тоді загальна товщина стіни складатиме:

$$\delta_{стїни} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_{ym}, \quad (1.5)$$

$$\delta_{стїни} = 0,015 + 0,640 + 0,1 = 0,755(m)$$

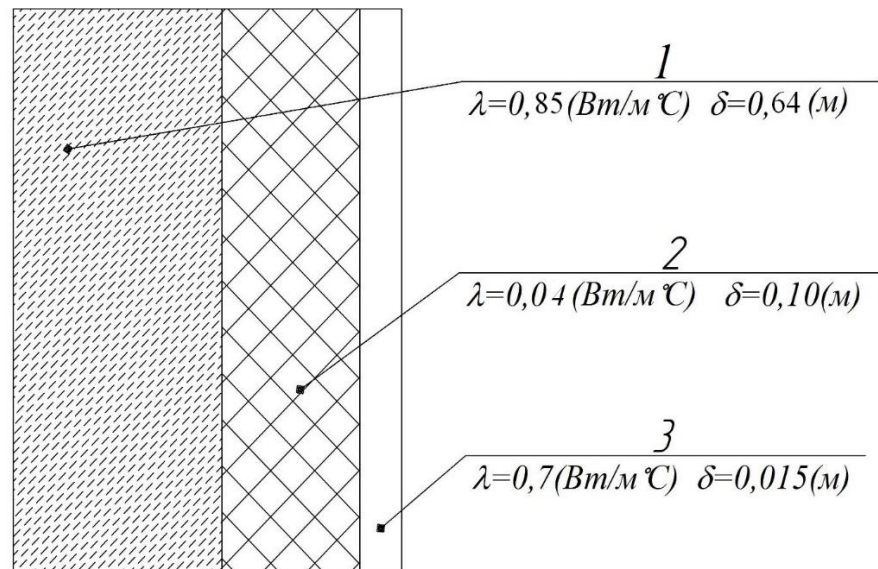


Рисунок 3.2 – Схема утеплення зовнішньої стіни будівлі шаром мінеральної вати: 1- шар силікатної цегли, 2-шар утеплювача, 3- штукатурка.

Звідси, перерахуємо термічний опір для шару утеплювача  $\delta_{ym} = 10\text{см.}$ :

$$R_{ym} = \frac{\delta_{ym}}{\lambda_{ym}}, \quad (1.6)$$

$$R_{ym} = \frac{0,1}{0,04} = 2,5 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right).$$

Загальний термічний опір зовнішньої огорожувальної конструкції,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ :

$$R_0 = R_6 + R_1 + R_2 + R_3 + R_{ym} + R_3, \quad (1.7)$$

$$R_0 = 0,11 + 0,021 + 0,75 + 2,5 + 0,043 = 3,44 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right).$$

Визначаємо теплову інертність стіни:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot S_i, \quad (1.8)$$

де  $R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару огорожувальної конструкції;  $S_i$  – коефіцієнт теплосвоєння матеріалу  $i$ -го прошарку за 24 год [1].

$$D = 0,021 \cdot 8,69 + 0,75 \cdot 9,77 + 2,5 \cdot 0,75 = 9,4.$$

### 3.2.1 Підбір вікон

Через негерметичність вікон та дверей приміщення втрачає до 50% тепла. Щоб запобігти цьому, рекомендовано утеплення та герметизація щілин вікон та дверей по периметру. Найкраще для цього підходить поліуританова піна. В даному проекті застосовано дерев'яні вікна з потрійним склінням «Terminus», фактичне значення опору теплопередачі яких становить 0,96 (м<sup>2</sup> °С/Вт) [30].

Дана конструкція вікна забезпечує термічний опір не менше 0,75 (м<sup>2</sup> °С/Вт), що відповідає нормативному термічному опору для першої кліматичної зони [2].

### 3.2.2 Розрахунок перекриття над підвалом

Розрахунок на опір теплопровідності перекриття між опалювальним поверхом та неопалювальним цокольним поверхом. Теплотехнічні показники кожного шару перекриття показані на (рис. 1.3).

Перший шар перекриття – це лист гіпсокартону з такими теплотехнічними показниками [1]:

$$\lambda_1 = 0,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}};$$

$$\delta_1 = 0,01 \text{ м};$$



Термічний опір першого шару:

$$R_1 = \frac{0,01}{0,15} = 0,066 \left( \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right)$$

Другий шар покриття – це утеплювач з пластин мінеральної вати [2]:

$$\lambda_{ут} = 0,048 \frac{Bm}{m \cdot ^\circ C}$$

Третій шар покриття – це залізобетона плита [2]:

$$\lambda_1 = 1,74 \frac{Bm}{m \cdot ^\circ C};$$

$$\delta = 0,22 \text{ м};$$

Термічний опір третього шару:

$$R_3 = \frac{0,22}{1,74} = 0,126 \left( \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right).$$

Четвертий шар покриття – бетонне покриття з такими показниками [2]:

$$\lambda_4 = 1,51 \frac{Bm}{m \cdot ^\circ C};$$

$$\delta_2 = 0,015 \text{ м};$$

Термічний опір четвертого шару [2]:

$$R_4 = \frac{0,015}{1,51} = 0,01 \left( \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right).$$

П'ятий шар – виконуємо з лінолеуму [2]:

$$\lambda_6 = 0,33 \frac{Bm}{m \cdot ^\circ C};$$

$$\delta_6 = 0,005m;$$

Термічний опір п'ятого шару [2]:

$$R_6 = \frac{0,005}{0,33} = 0,015 \left( \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right)$$

Сумарний термічний опір горіщного перекриття складає:

$$R_{nep} = R_1 + R_{ym} + R_3 + R_4 + R_5 + R_6, \quad (1.9)$$

де  $R_3$  – загальний опір теплопередачі з/б плити з врахуванням опору теплосприймання внутрішньої та опору тепловіддачі зовнішньої поверхонь;

$R_{ym}$  – коефіцієнт опору утеплювача.

Визначаємо термічний опір шару утеплювача:

$$R_{ym} = R_{\Sigma}^B - (R_1 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6), \quad (1.10)$$

$$R_{en} = 4,5 - (0,066 + 0,126 + 0,01 + 0,015) = 4,73 \left( \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right).$$

Визначаємо необхідну товщину утеплювача:

$$\delta_{ym} = R_{yt} \cdot \lambda_{ym}, \quad (1.11)$$

$$\delta_{ym} = 4,73 \cdot 0,048 = 0,23(\text{м}).$$

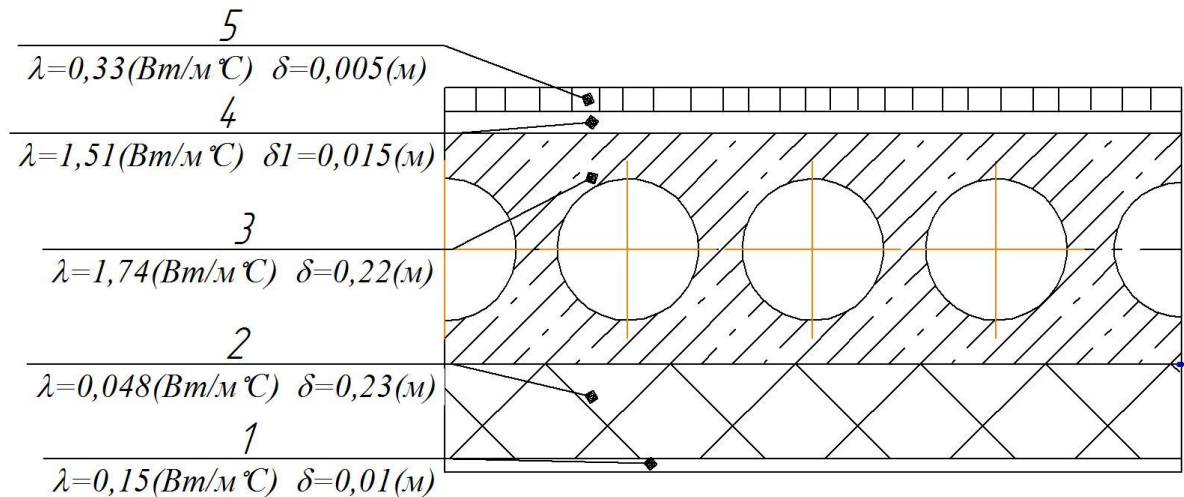


Рисунок 3.3 – Схема утеплення перекриття: 1 - лист гіпсокартону, 2 - пластини мінервати, 3 - залізобетонна плита, 4-бетонне покриття, 5–лінолеум [2].

### 3.2.3 Розрахунок горищного перекриття

Визначення розрахункового опору теплопередачі горищного перекриття та розрахункової товщини утеплювача.

Визначення нормативного опору теплопередачі захисної конструкції:

$$R_{\Sigma}^{ВП} = 4,5 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}} \text{ при температурі внутрішнього повітря } t_g = 22^\circ\text{С} \text{ згідно з [2].}$$

Для більш простого розрахунку пористості залізобетонної плити можна замінити рівновеликими за площею квадратами (рис. 1.5) зі стороною:

$$a = \sqrt{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}, \quad (1.12)$$

$$a = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 100^2}{4}} \approx 90(\text{мм}).$$

Опір теплопередачі панелі у паралельному до руху теплового потоку напрямку визначається у двох характерних перерізах.

У перерізі I-I (подвійний шар залізобетону  $\delta_{зб}=55\text{мм}$ , що має коефіцієнт теплопровідності при експлуатації „А”  $\lambda_{зб}=1,74 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$  і з повітряним прошарком  $\delta_{пов}=90\text{мм}$ ):

$$R_{I-I} = 2 \cdot R_{зб} + R_{пов}, \quad (1.13)$$

$$R_{I-I} = 2 \cdot \frac{0,055}{1,74} + 0,148 = 0,21 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right),$$

де  $R_{пов}$  – це опір теплопередачі закритого повітряного прошарку при тепловому потоці знизу вверху.

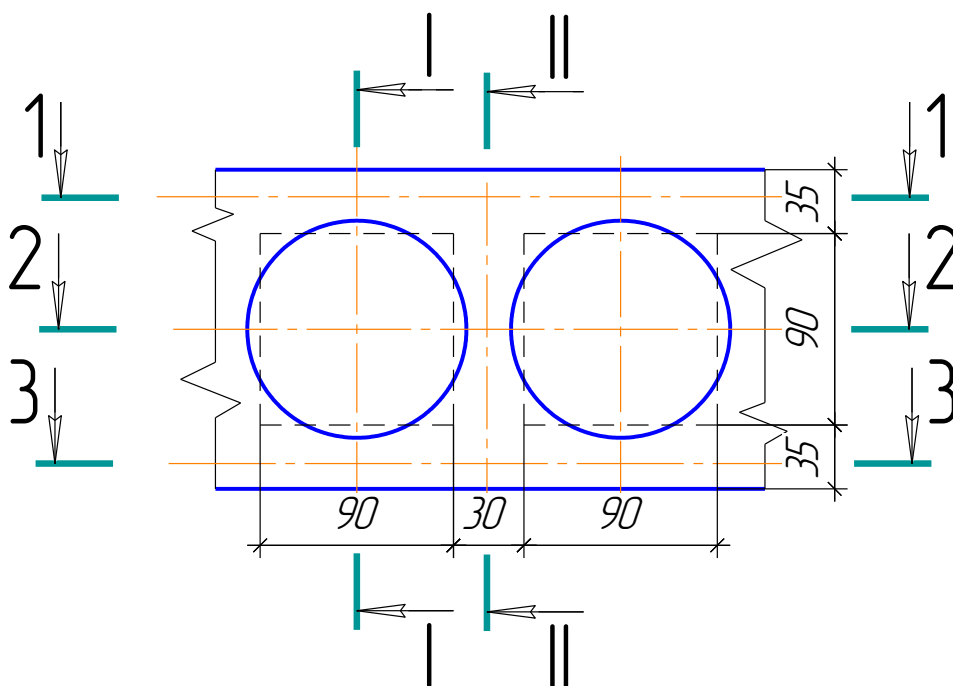


Рисунок 3.4 – Схема розбивки плити перекриття на розрахункові області

Розраховуємо фактичний термічний опір перерізу II-II, що складається із залізобетонної плити товщиною  $\delta_{зб}=220\text{мм}$ , що має коефіцієнт теплопровідності  $\lambda_{зб}$

$$=1,74 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} :$$

$$R_{II-II} = \frac{\delta_{зб}}{\lambda_{зб}}, \quad (1.14)$$

$$R_{II-II} = \frac{0,22}{1,74} = 0,29 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right).$$

Розраховуємо опір теплопередачі залізобетонної плити при тепловому потоці у паралельному напрямку:

$$R_{\parallel} = \frac{F_1 + F_2}{\frac{F_1}{R_{I-I}} + \frac{F_2}{R_{II-II}}}, \quad (1.15)$$

$$R_1 = \frac{0,09 + 0,055}{\frac{0,09}{0,21} + \frac{0,055}{0,29}} = 0,23 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right),$$

де  $F_1, F_2$  – це площа окремих частин конструкції;

$R_{I-I}, R_{II-II}$  – це опір теплопередачі шарів окремих частин, за виключенням опору теплосприймання та тепловіддачі  $R_e$  і  $R_n$  [2].

Опір теплопередачі панелі у перпендикулярному до теплового руху напрямку, розраховуємо в трьох характерних перерізах.

В перерізах 1-1 і 3-3 (товщина шару залізобетону  $\delta_{зб}=30\text{ мм}$ ):

$$R_{3-3} = \frac{0,03}{1,74} = 0,017 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right).$$

Щоб визначити термічний опір для перерізу 2-2 потрібно попередньо знайти середній коефіцієнт теплопровідності (товщина повітряного прошарку  $\delta_{пов}=90\text{мм}$ ,

залізобетону  $\delta_{зб}=30\text{мм}$ ). Еквівалентний коефіцієнт теплопровідності повітряного прошарку знаходимо з виразу:

$$\lambda_{екв} = \frac{\delta_{нов}}{R_{н.п.}}, \quad (1.16)$$

$$\lambda_{екв} = \frac{0,09}{0,148} = 0,608 \left( \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C} \right).$$

Отже, середній коефіцієнт теплопровідності для панелі:

$$\lambda_{сер} = \frac{\lambda_{нов} \cdot \delta_{нов} + \lambda_{зб} \cdot \delta_{зб}}{\delta_{нов} + \delta_{зб}}, \quad (1.17)$$

$$\lambda_{екв} = \frac{0,608 \cdot 0,09 + 1,74 \cdot 0,03}{0,09 + 0,03} = 0,89 \left( \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C} \right).$$

Для перерізу 2-2 середній термічний опір складає:

$$R_{2-2} = \frac{0,09}{0,89} = 0,1 \left( \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right).$$

Для трьох шарів панелі сумарний термічний опір становить:

$$R_{\perp} = R_{1-1} + R_{3-3} + R_{2-2}, \quad (1.18)$$

$$R = 0,017 + 0,1 \cdot 2 = 0,217 \left( \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right).$$

Розбіжність між опорами  $R_{\parallel}$  та  $R_{\perp}$ :

$$\varepsilon = \left( \frac{R_{\parallel} - R_{\perp}}{R_{\parallel}} \right) \cdot 100\%, \quad (1.19)$$

$$\varepsilon = \left( \frac{0,23 - 0,217}{0,23} \right) \cdot 100\% = 5,65\% \leq 25\%.$$

Оскільки розбіжність становить  $\varepsilon < 25\%$ , то загальний опір теплопередачі  $R_{\text{заг}}$  пустотілої залізобетонної плити перекриття визначається за формулою:

$$R_{\text{заг}} = \frac{R_{\parallel} + 2 \cdot R_{\perp}}{3}, \quad (1.20)$$

$$R_{\text{заг}} = \frac{0,23 + 2 \cdot 0,217}{3} = 0,22 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right).$$

Загальний термічний опір конструкції без теплоізоляції становить:

$$R_0 = R_g + R_{\text{заг}} + R_s, \quad (1.21)$$

$$R_0 = 0,115 + 0,22 + 0,086 = 0,421 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right),$$

де  $R_g$  – це опір теплосприймання для внутрішньої поверхні стелі;  $R_s$  – це опір теплової віддачі для зовнішньої поверхні горищного перекриття [2].

### 3.2.4 Розрахунок теплопередачі вхідних дверей

Вхідні двері обираємо відповідно до коефіцієнта теплопередачі для зовнішніх дверей. Коефіцієнт теплопередачі приймаємо:

$$K = 2,3 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}} \right).$$

Та встановлюємо подвійні вхідні двері [6].

## 3.3 Розрахунок теплових втрат приміщень

Система опалення повинна компенсувати всі тепловтрати будинку – через огорожувальні конструкції та на нагрівання зовнішнього холодного повітря, яке

проникає в приміщення через різні нещільності в огорожувальних конструкціях (інфільтрація).

Загальні тепловтрати  $Q_z$  складаються з основних тепловтрат та тепловтрат на вентиляцію  $Q_v$ .

Розрахунок тепловтрат приміщень проводився за допомогою програмного забезпечення «Exel Microsoft» Результати розрахунків наведені у додатку Б.

### 3.4 Вибір опалювальних приладів

Для обігріву приміщень приймаються радіатори «KORADO» [3]. У ванних кімнатах передбачається встановлення рушникосушарок Koralex Rondo Classic 900x450 [22]. Потужність радіаторів обираємо в залежності від загальних тепловтрат в приміщенні і температури теплоносія (див. додаток В).

Відомість підібраних радіаторів наведена, відповідно, у таблицях 3.1 – 3.4

Таблиця 3.1 – Відомість підбору опалювальних приладів для приміщень першого поверху

№ прим.	Назва приміщення	Типорозмір радіаторів KORADO [7], мм	Кількість
1	2	3	4
101	Спальня	500×500 22VK	2
102	Кухня	500×600 22VK	1
103	Спальня	500×600 22VK	1
104	Спальня	500×700 22VK	1
105	Спальня	500×700 22VK	1
106	Кухня	500×600 22VK	1
107	Кухня	500×600 22VK	1
108	Спальня	500×500 22VK	2
109	Спальня	500×700 22VK	1
110	Санвузол	Рушникосушарка	1
111	Санвузол	-	-
112	Санвузол	Рушникосушарка	1
113	Санвузол	Рушникосушарка	1



Продовження таблиці 3.1

114	Санвузол	-	-
115	Санвузол	Рушникосушарка	1
116	Спальня	-	-
117	Спальня	-	-
118	Санвузол	Рушникосушарка	1
119	Санвузол	-	-
120	Санвузол	Рушникосушарка	1
121	Санвузол	-	-
122	Санвузол	Рушникосушарка	1
123	Спальня	500×700 22VK	1
124	Спальня	500×500 22VK	2
125	Кухня	500×600 22VK	1
126	Кухня	500×400 22VK	1
127	Тамбур	500×400 22VK	1
128	Кухня	500×600 22VK	1
129	Спальня	500×500 22VK	2
130	Спальня	500×700 22VK	1
131	Тамбур	500×600 22VK	1
132	Спальня	500×900 22VK	1
133	Санвузол	-	-
134	Спальня	500×700 22VK	1
135	Кухня	500×600 22VK	1
136	Санвузол	-	-
137	Спальня	500×900 22VK	1
138	Спальня	500×700 22VK	1
139	Кухня	500×600 22VK	1
140	Санвузол	Рушникосушарка	1
141	Тамбур	500×500 22VK	1
142	Кухня	500×600 22VK	1
143	Санвузол	-	-
144	Санвузол	-	-
145	Кухня	500×600 22VK	1
146	Спальня	500×800 22VK	1
147	Санвузол	Рушникосушарка	1
148	Санвузол	Рушникосушарка	1

Продовження таблиці 3.1

1	2		
149	Спальня	500×700 22VK	1
150	Спальня	500×700 22VK	1
151	Спальня	500×700 22VK	1

Таблиця 3.2 – Відомість підбору опалювальних приладів для приміщень 2-8 поверхів

№ прим.	Назва приміщення	Типорозмір радіаторів KORADO [7], мм	Кількість
1	2	3	4
101	Спальня	500×500 22VK	2
102	Кухня	500×500 22VK	1
103	Спальня	500×400 22VK	1
104	Спальня	500×800 22VK	1
105	Спальня	500×800 22VK	1
106	Кухня	500×400 22VK	1
107	Кухня	500×500 22VK	1
108	Спальня	500×500 22VK	2
109	Спальня	500×700 22VK	1
110	Санвузол	Рушникосушарка	1
111	Санвузол	-	1
112	Санвузол	Рушникосушарка	1
113	Санвузол	Рушникосушарка	2
114	Санвузол	-	1
115	Санвузол	Рушникосушарка	1
116	Спальня	-	1
117	Спальня	-	1
118	Санвузол	Рушникосушарка	1
119	Санвузол	-	1
120	Санвузол	Рушникосушарка	1
121	Санвузол	-	1
122	Санвузол	Рушникосушарка	
123	Спальня	500×700 22VK	1
124	Спальня	500×500 22VK	2

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
125	Кухня	500×500 22VK	1
126	Кухня	500×400 22VK	1
127	Тамбур	500×400 22VK	1
128	Кухня	500×500 22VK	1
129	Спальня	500×500 22VK	2
130	Спальня	500×700 22VK	1
131	Тамбур	500×600 22VK	1
132	Спальня	500×800 22VK	1
133	Санвузол	-	1
134	Спальня	500×600 22VK	1
135	Кухня	500×600 22VK	1
136	Санвузол	-	1
137	Спальня	500×800 22VK	1
138	Спальня	500×700 22VK	1
139	Кухня	500×400 22VK	1
140	Санвузол	Рушникосушарка	1
141	Тамбур	500×500 22VK	1
142	Кухня	500×600 22VK	1
143	Санвузол	-	
144	Санвузол	-	
145	Кухня	500×400 22VK	1
146	Спальня	500×800 22VK	1
147	Санвузол	Рушникосушарка	
148	Санвузол	Рушникосушарка	
149	Спальня	500×700 22VK	1
150	Спальня	500×700 22VK	1
151	Спальня	500×700 22VK	1

Таблиця 3.3 – Відомість підбору опалювальних приладів для приміщень дев'ятого поверху

№ прим.	Назва приміщення	Типорозмір радіаторів KORADO [7], мм	Кількість
1	2	3	4
101	Спальня	500×500 22VK	2
102	Кухня	500×600 22VK	1
103	Спальня	500×400 22VK	1
104	Спальня	500×800 22VK	1
105	Спальня	500×800 22VK	1
106	Кухня	500×400 22VK	1
107	Кухня	500×500 22VK	1
108	Спальня	500×500 22VK	2
109	Спальня	500×700 22VK	1
110	Санвузол	Рушникосушарка	1
111	Санвузол	-	1
112	Санвузол	Рушникосушарка	1
113	Санвузол	Рушникосушарка	2
114	Санвузол	-	1
115	Санвузол	Рушникосушарка	1
116	Спальня	-	1
117	Спальня	-	1
118	Санвузол	Рушникосушарка	1
119	Санвузол	-	1
120	Санвузол	Рушникосушарка	1
121	Санвузол	-	1
123	Спальня	500×700 22VK	1
124	Спальня	500×500 22VK	2
125	Кухня	500×500 22VK	1
126	Кухня	500×400 22VK	1
127	Тамбур	500×400 22VK	1
128	Кухня	500×500 22VK	1
129	Спальня	500×500 22VK	2
130	Спальня	500×700 22VK	1
131	Тамбур	500×600 22VK	1
132	Спальня	500×900 22VK	1

Продовження таблиці 3.3

133	Санвузол	-	1
134	Спальня	500×600 22VK	1
135	Кухня	500×500 22VK	1
136	Санвузол	-	1
137	Спальня	500×900 22VK	1
138	Спальня	500×800 22VK	1
139	Кухня	500×400 22VK	1
140	Санвузол	Рушникосушарка	1
141	Тамбур	500×500 22VK	1
142	Кухня	500×600 22VK	1
143	Санвузол	-	
144	Санвузол	-	
145	Кухня	500×400 22VK	1
146	Спальня	500×800 22VK	1
147	Санвузол	Рушникосушарка	
148	Санвузол	Рушникосушарка	
149	Спальня	500×700 22VK	1
150	Спальня	500×700 22VK	1
151	Спальня	500×700 22VK	1

Таблиця 3.4 – Відомість підбору опалювальних приладів для сходових кліток

№ прим.	Назва приміщення	Типорозмір радіато-рів KORADO [7], мм	Кількість
1	2	3	4
А	Сходи	300×400 11VK	9
Б	Сходи	300×400 11VK	9

Радіатори із зазначеними типорозмірами наведено на кресленні (див. аркуш 1 та 2).

### 3.5 Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення

Розрахунок виконуємо після того, як відомі значення тепловтрат приміщень будівлі, відоме розміщення усіх обігрівальних приладів та складена

аксонометрична схема опалення. Суть гідравлічного розрахунку полягає у визначенні оптимальних діаметрів трубопроводів на всіх ділянках циркуляційних кілець та визначення втрат тиску, згідно яких буде підібрано циркуляційний насос(и).

Починається розрахунок від головного циркуляційного кільця, тобто того що проходить через найвіддаленіший і найбільш навантажений опалювальні прилади (див. аркуш 3, 4, 5, 6). Обране циркуляційне кільце розділяється на ділянки трубопроводів, що визначаються ділянкою трубопроводу між двома сусідніми опалювальними приладами. По кожній ділянці протікає незмінна кількість води, а границі ділянок знаходяться в точках різниці потужності потоку. Для того, щоб попередньо підібрати діаметри труб на всіх ділянках розрахункового циркуляційного кільця, потрібно знати витрату води на ділянках  $G$ , кг/год.

Гідравлічний розрахунок виконується за допомогою програми «Excel Microsoft», результати гідравлічного розрахунку занесено до таблиці (див. додаток Д).

Витрата води визначається за формулою [16]:

$$G = \frac{3,6 \cdot Q}{c \cdot (t_n - t_3)}, \quad (3.1)$$

де  $Q$  – це теплове навантаження на певній ділянці циркуляційного кільця, Вт;

$c$  – теплоємність води,  $c = 4,187$  кДж/кг·°С;

$t_n$  – температура теплоносія в подаючій магістралі, °С;

$t_3$  – температура теплоносія в зворотній магістралі, °С.

Для даної системи приймаємо поліпропіленові трубопроводи марки ППР STABI FV Plast [17]. Орієнтуючись на витрату та швидкість руху води на ділянці ( $G$ , кг/год,  $v$ , м/с), визначаємо діаметр трубопроводів  $d$ , мм.

Обчислюємо число Рейнольдса за формулою:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad (3.2)$$

де  $\nu$  – кінематична в'язкість води, м<sup>2</sup>/с.

Визначаємо коефіцієнт гідравлічного тертя трубопроводів за формулою Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{\text{Re}} + \frac{k_e}{d} \right)^{0,25}, \quad (3.3)$$

де  $k_e$  – коефіцієнт еквівалентної шорсткості труб, мм.

Втрати тиску на ділянці обчислюємо за формулою:

$$\Delta P = R + \Delta P_M = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot \left( \frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right), \quad (3.4)$$

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

$l$  – довжина трубопроводу на ділянці, м;

$\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці [51].

Втрати тиску на відгалуженнях розраховуємо аналогічно і порівнюємо із втратами тиску на головному циркуляційному кільці. Збалансовуємо систему, підбираючи відповідні балансувальні клапани Danfoss ASV-PV [18].

Розрахунок проводимо за допомогою програмного забезпечення MS Office Excel. Перед кожним опалювальним приладом встановлюємо автоматичні терморегулятори Danfoss RTD-N [28].

Для розподілення теплоносія по опалювальних контурах поверхів використовуємо розподільчі колектори Danfoss FHF-4F [29].

### 3.6 Підбір обладнання

Підбір теплогенеруючого обладнання. За даними розрахунку тепловтрат приміщень та гідравлічного розрахунку, розрахункова сумарна теплова потужність складає 346 кВт, отже, потрібно підібрати теплогенератори, потужність яких становитиме 140% від загальних теплових втрат приміщень. Приймаємо до встановлення два електричних котла «Титан 145» [19] потужністю до 145 кВт кожен та чотири теплові насоси «NIBE F1345» [20] по 60 кВт кожен. Сумарна теплова потужність теплогенераторів становить 530 кВт.

#### 3.6.1 Підбір опалювальних приладів

Для даної системи опалення обрано радіатори «KORADO 22VK» [3].

Технічні параметри радіаторів:

- Тип радіаторів – з нижнім підключенням;
- Висота радіаторів – 500 мм;
- Довжина радіаторів – 500 – 900 мм;
- Об'єм води – 5,08-6 л/мп;
- Потужність – 0,76-1,72 кВт;
- Маса – 20-26 кг/мп.

Для опалення сходової клітки обрано радіатори «KORADO 11VK» [3].

Технічні параметри радіаторів:

- Тип радіаторів – з нижнім підключенням;
- Висота радіаторів – 300 мм;
- Довжина радіаторів – 400 мм;
- Об'єм води – 3,5 л/мп;
- Потужність – 0,28 кВт;
- Маса – 12 кг/мп.



### 3.6.2 Підбір трубопроводів

Згідно з даними гідравлічного розрахунку, для системи опалення підбрано трубопроводи діаметрами 20; 25; 32; 40; 50; 80 та 100 мм, для розводки трубопроводів передбачено поліпропіленові труби марки ППР STABI FV Plast [17].

### 3.6.3 Підбір циркуляційних насосів та розширювальних баків

За даними гідравлічного розрахунку сумарні втрати тиску в системі складають 24 кПа. Отже, для живлення системи опалення підбрано два циркуляційних насоса «Grundfos UPS 40-185F/200» [10].

Останнім підбираємо розширювальний бак. Приймаємо до встановлення розширювальний бак типу VT-400 [32], місткістю 300 л.

### 3.6.4 Підбір бака-акумулятора для системи опалення

Необхідний об'єм бака-акумулятора [21]:

$$V_{BA} = Q_{CO} \cdot (30...50), \text{ л} \quad (3.6)$$

де  $Q_{CO}$  – теплова потужність системи опалення, кВт;

30...50 – розрахунковий об'єм теплоносія на 1 кВт теплової потужності системи, приймаємо 30 л [21].

$$V_{BA} = 346000/30=11534 \text{ (л)}.$$

За результатами розрахунку доцільно встановити три бака об'ємом по 4000 л, що в сума дасть 12000 л. Отже, за даним об'ємом підбираємо 3 бака, кожен об'ємом 4 м<sup>3</sup>.

## Висновки до розділу

У даному розділі дана характеристика кліматичних умов району будівництва об'єкту, згідно вихідних даних про об'єкт (місцезнаходження та огорожуючі

конструкції) виконано: розрахунок тепловтрат огороджуваних конструкцій, які склали 330 кВт, змодельований гідравлічний розрахунок системи опалення, що показав сумарні гідравлічні втрати тиску 24 кПа, згідно цього і підібрано необхідні діаметри трубопроводів (20, 25, 32, 50, 80 та 100 мм) та циркуляційні насоси.

За результатом виконаних розрахунків розроблено: плани розміщення опалювальних приладів на поверхах споруди (див. аркуш 1, 2) та аксонометричні схеми системи опалення (аркуш 3, 4, 5, 6).

## 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Аналіз системи, що прийнята до монтажу

В роботі розглядається система опалення дев'ятиповерхового житлового будинку в місті Черкаси.

Джерелом теплопостачання є електричні котли «Титан 145» [19] та теплові насоси «NIBE F1345» [20], які встановлюються в опалювальному пункті, що розташований в приміщенні підвального поверху. В опалювальному пункті запроектовано два котла «Титан 145» [19], загальна теплова потужність яких становить 290 кВт та чотири теплові насоси, сумарна теплова потужність яких становить 240 кВт. Джерелом теплової енергії для теплових насосів є геотермальне поле. Теплогенеруюче обладнання укомплектовано засобами керування, автоматичного регулювання та захисту.

Трубопроводи в місцях перетину перекриттів, внутрішніх стін та перегородок прокладаються в гільзах з негорючих матеріалів. Гільзи на 20...30 мм виступають над позначкою чистої підлоги.

Схема системи опалення – вертикальна двохтрубна тупикова. Розвідні магістральні трубопроводи прокладаються під стелею підвального приміщення, на відстані 100 мм від стелі.

В якості опалювальних приладів прийняті сталеві панельні радіатори з нижнім підключенням «KORADO 22VK» [3] для житлового об'єму та «KORADO 11VK» [3] для сходових кліток, та одразу встановленими на них терморегулюючими клапанами фірми «DANFOSS» [7], повітровипускними клапанами та з запірними клапанами крім того, для опалення у ванних кімнатах та санвузлах прийнято до встановлення рушникосушарок. Усі радіатори розташовуються відкрито без ніш під вікнами та біля зовнішніх стін.

Відвід повітря із систем здійснюється через крани Маєвського, що встановлені на опалювальних приладах (див. аркуш б). Опорожнення систем опалення здійснюється спускними кульовими кранами в найнижчих точках системи.

Система опалення будівлі складається з:

- Нагрівальних приладів;
- Грунтових колекторів;
- Допоміжного обладнання;
- Мережі трубопроводів;
- Регулюючих пристроїв.

Опалювальні пристрої розташовують у проємах під вікнами, відстані від підлоги, стін, підвіконня обумовлюються конструкцією приладів (див. аркуш 1-2).

Грунтові колектори розташовуються за межами будівлі (див. аркуш 10)

Монтажні положення трубопроводів:

- вісі трубопроводів повинні бути паралельні площинам будівельних конструкцій;

- підводи до опалювальних приладів виконують з нахилом в напрямку руху теплоносія. Нахил приймають 5-10 мм на всю довжину підводу;

- Підводи прикріплюють до стін, якщо довжина підводу перевищує 1,5 м.

Так як в системі використовуються трубопроводи діаметрами 20; 25; 32; 40; 50; 80 та 100 мм, відповідно, відстані від осей трубопроводів до стін будуть становити 10; 12,5; 16; 20; 25; 40 та 50 мм;

- Підводи до опалювальних приладів необхідно виконувати з нахилом в напрямку руху теплоносія. Нахил приймають 5-10 мм на всю довжину підводу;

- Якщо довжина підводу до 500 мм, то його прокладати без нахилу;

- Підводи прикріплювати до стін, якщо довжина підводу перевищує 1,5 м;

- Нагрівальні прилади встановлювати на кронштейнах.

На основі виконаних розрахунків та конструктивних особливостей об'єкту складаємо відомість потреби матеріалів, виробів та обладнання та заносимо до таблиці (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Відомість потреби в основних матеріалах [17, 34, 35]

№	Найменування матеріалу	Тип, марка	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	7
Матеріали та обладнання для системи опалення						
1	Труби поліпропіленові ДСТУ Б В.2.7-144:2007, звичайні $d_y = 20$ мм	ДСТУ Б В.2.7-144:2007	м	989	1,5	1484
2	Труби поліпропіленові ДСТУ Б В.2.7-144:2007, звичайні $d_y = 25$ мм	ДСТУ Б В.2.7-144:2007	м	471	2,3	1083
3	Труби поліпропіленові ДСТУ Б В.2.7-144:2007, звичайні $d_y = 32$ мм	ДСТУ Б В.2.7-144:2007	м	576	2,7	1555
4	Труби поліпропіленові ДСТУ Б В.2.7-144:2007, звичайні $d_y = 40$ мм	ДСТУ Б В.2.7-144:2007	м	420	3,7	1554
8	Клапан терморегулюючий "Danfoss"	RTD-N	шт	351	0,4	140
9	Радіатор сталевий «KORADO» з нижнім підключенням та кронштейнами	11VK 300x400	шт	18	4,17	75
10	Клапан терморегулюючий "Danfoss"	RTD-N	шт	351	0,4	140

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
11	Клапан терморегулюючий "Danfoss"	RTD-N	шт	351	0,4	140
12	Радіатор сталевий «KORADO» з нижнім підключенням та кронштейнами	11VK 300x400	шт	18	4,17	75
13	Труби поліпропіленові ДСТУ Б В.2.7-144:2007, звичайні $d_y = 50$ мм	ДСТУ Б В.2.7-144:2007	м	270	4,6	1242
14	Труби поліпропіленові ДСТУ Б В.2.7-144:2007, звичайні $d_y = 80$ мм	ДСТУ Б В.2.7-144:2007	м	270	5,1	1377
15	Труби поліпропіленові ДСТУ Б В.2.7-144:2007, звичайні $d_y = 100$ мм	ДСТУ Б В.2.7-144:2007	м	270	5,7	1539
16	Кран прохідний кульковий муфтовий до $d_y = 20$ мм	11кч 24п	шт	1152	0,37	426,2
17	Кран прохідний кульковий фланцевий до $d_y = 50$ мм	11с42п	шт	180	1,27	228,6
18	Кран прохідний кульковий фланцевий до $d_y = 40$ мм	11с42п	шт	20	1,27	25,4

Продовження таблиці 3.1

	2	3	4	5	6	7
19	Трійник сталевий	25/25/32	шт	18	0,410	7,38
		20/20/20		324	0,380	123,1
		25/25/20		20	0,410	8,2
		32/32/20		20	0,430	8,6
		40/40/20		50	0,450	22,5
		50/50/20		20	0,490	9,8
		80/80/20		20	0,530	10,6
		100/100/20		10	0,570	5,7
		100/100/100		12	0,720	8,64
20	Відвід сталевий	Ø100	шт	6	0,560	3,36
		Ø32		117	0,440	51,48
		Ø25		162	0,270	43,74
		Ø20		504	0,220	110,9
21	Фільтр сітчатий «Watts»	Ø20	шт	180	0,135	25
22	Електричний котел «Титан» потужністю до 145 кВт	Титан-145	шт	2	160	320
23	Тепловий насос «NIBE» тепловою потужністю до 60 кВт	F-1345-60	шт	4	346	1384
24	Геотермальний зонд SDR-17	Ø32	100 м	60	0,8	4800
25	Насос «Grundfos»	UPS 40-5F/200	шт	2	22,6	45,2
26	Бак-акумулятор	4000 л	шт	3	601	1803
Загальна маса основних матеріалів $\Sigma=9351,12$ кг						

Таблиця 3.2 – Відомість потреби в приладах та устаткуванні для монтажу [37]

№	Найменування матеріалу	Тип, марка	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	Зварювальний апарат для сталевих труб	СТЕ – 24У	шт	4	46	184
2	Різьбонарізний апарат «Rems»	Amigo 2 Set NPT 1/2"-2"	шт	4	6,5	26
3	Гідравлічний прес «Rems»		шт	1	7,8	7,8
4	Електродріль ударний «Bosch»	PSB 750	шт	4	1,9	7,6
5	Набір для монтажника		шт	12	11,88	142,5
6	Манометр радіальний	MDR 80/6 1/2"	шт	10	1,8	18
7	Фарборозпилювач	KP-20	шт	4	0,5	2
Загальна маса приладів та устаткування $\Sigma = 388$ кг						

Допоміжні матеріали зібрані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Відомість потреби в допоміжних матеріалах [11, 12]

№	Шифр ресурсу	Матеріали, деталі і напівфабрикати	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
1	111-1522	Електроди, діаметр 5 мм, марка E42A	т	0,016	16,0



Продовження таблиці 3.3.

1	2	3	4	5	6
2	111-1746	Прокладки гумові	кг	15	15
3	124-0059	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбленням	т	0,022	22
4	130-0040	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	0,047	47
5	1425-11681	Розчин готовий кладочний важкий цементний, марка М50	м3	0,15	165
6	111-1513	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,0008	0,8
7	130-0037	Болти з гайками та шайбами, діаметр 8 мм	т	0,014	14
8	111-0384	Білила густотерті цинкові МА-011-1	т	0,0072	7,2
9	111-0587	Масло індустріальне І-20А	т	0,0021	2,1
10	111-1668	Оліфа натуральна	кг	12,6	12,6
11	1545-0159	Очіс льняний	т	0,0032	3,2
12	111-0063	Ацетилен розчинений технічний, марка А	т	0,0115	11,5
13	111-0254	Вапно хлорне, марка А	т	0,0025	2,5
14	111-0324	Кисень технічний газоподібний	м3	20,14	28,8
15	111-1522	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	0,002	2
16	130-0894	Вузли укрупнені, діаметр 100 мм	м	20	50

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
17	130-0893	Вузли укрупнені монтажні із сталевих водогазопровідних оцинкованих труб для водопостачання, діаметр 80 мм	м	20	45
18	130-0892	Вузли укрупнені монтажні із сталевих водогазопровідних оцинкованих труб для водопостачання, діаметр 50 мм	м	50	125
19	130-0891	Вузли укрупнені монтажні із сталевих водогазопровідних оцинкованих труб для водопостачання, діаметр 40 мм	м	40	88
20	130-0890	Вузли укрупнені монтажні із сталевих водогазопровідних оцинкованих труб для водопостачання, діаметр 32 мм	м	60	120
21	130-0889	Вузли укрупнені монтажні із сталевих водогазопровідних оцинкованих труб для водопостачання, діаметр 25 мм	м	80	136
22	130-0888	Вузли укрупнені монтажні із сталевих водогазопровідних оцинкованих труб для водопостачання, діаметр 20 мм	м	140	210
23	142-0010-2	Вода	м3	0,58	580

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
24	111-1483	Шурупи з напівкруглою голівкою, діаметр стрижня 6 мм, довжина 40 мм	т	0,0095	9,5
25	1630-0085	Кронштейни Кр1-РС для радіаторів сталевих	Ком- плект	351	42,1
26	111-136	Дюбелі з каліброваною голівкою (в обоймах) 2,5x48,5 мм	т	0,014	14
Загальна маса допоміжних матеріалів $\Sigma=1769,3$ кг					

## 4.2 Визначення складу і об'ємів робіт

### 4.2.1 Визначення об'ємів робіт

До складу робіт з монтажу системи опалення даного проекту входять наступні роботи:

1. Доставка деталей та обладнання до місць монтажу. Одиниця вимірювання – 1т. Загальна вага усіх деталей 11508,42 кг (11,5 т). Приймаємо об'єм  $V=11,5$ .
2. Буріння свердловин для геотермальних зондів. Одиниця вимірювання – 100 м. Загальний метраж свердловин 6000 м (6 км). Приймаємо об'єм  $V=60$ .
3. Встановлення геотермального поля. Одиниця вимірювання – 100 м. Загальний метраж зондів 6000 м (6 км). Приймаємо об'єм  $V=60$ .
4. Пробивання гнізд та отворів у бетонних та цегляних конструкціях. Одиниця вимірювання – 100 шт. Приймаємо  $V=3,36$ .
5. Встановлення електричних котлів. Одиниця вимірювання – шт.  $V=2$ .
6. Встановлення теплових насосів. Одиниця вимірювання – шт.  $V=4$ .
7. Встановлення баків-акумуляторів. Одиниця вимірювання – шт.  $V=3$ .
8. Встановлення циркуляційних насосів. Одиниця вимірювання – шт.  $V=2$ .
9. Встановлення розширювальних баків. Одиниця вимірювання – шт.  $V=2$ .
10. Прокладання трубопроводів  $\varnothing$  100 мм. Одиниця вимірювання – 100 м. Загальна довжина 270 м.  $V=2,7$ .

11. Прокладання трубопроводів Ø 80 мм. Одиниця вимірювання – 100 м.  
Загальна довжина 270 м.  $V=2,7$ .

12. Прокладання трубопроводів Ø 50 мм. Одиниця вимірювання – 100 м.  
Загальна довжина 270 м.  $V=2,7$ .

13. Прокладання трубопроводів Ø 40 мм. Одиниця вимірювання – 100 м.  
Загальна довжина 420 м.  $V=4,2$ .

14. Прокладання трубопроводів Ø 32 мм. Одиниця вимірювання – 100 м.  
Загальна довжина 576 м.  $V=5,76$ .

15. Прокладання трубопроводів Ø 25 мм. Одиниця вимірювання – 100 м.  
Загальна довжина 471 м.  $V=4,71$ .

16. Прокладання трубопроводів Ø 20 мм. Одиниця вимірювання – 100 м.  
Загальна довжина 989 м.  $V=9,89$ .

17. Монтаж радіаторів. Одиниця вимірювання – 100 кВт.  $V=3,46$ .

18. Фарбування трубопроводів. Одиниця вимірювання – 100 м<sup>2</sup>.

$$V_1 = 3,14 \cdot 0,02 \cdot 989 = 68,4 \text{ м}^2;$$

$$V_2 = 3,14 \cdot 0,025 \cdot 471 = 34,62 \text{ м}^2;$$

$$V_3 = 3,14 \cdot 0,032 \cdot 576 = 53,35 \text{ м}^2;$$

$$V_4 = 3,14 \cdot 0,04 \cdot 420 = 50,8 \text{ м}^2;$$

$$V_5 = 3,14 \cdot 0,05 \cdot 270 = 42,4 \text{ м}^2;$$

$$V_6 = 3,14 \cdot 0,08 \cdot 270 = 67,8 \text{ м}^2;$$

$$V_7 = 3,14 \cdot 0,1 \cdot 270 = 84,8 \text{ м}^2;$$

$$V=4,02.$$

19. Гідравлічне випробування. Вимірник – 100 м. Загальна довжина трубопроводу 3266 м. Приймаємо об'єм  $V = 32,66$ .

20. Зароблення гнізд та отворів. Одиниця вимірювання – м<sup>3</sup>.  $V=5$ .

21. Вивезення деталей і обладнання з місця монтажу. Одиниця вимірювання – т.  $V=0,7$ .

#### 4.2.2 Склад робіт

Монтаж обладнання системи опалення провести в такій послідовності:

1. Доставка деталей та обладнання до місць монтажу.
2. Буріння свердловин.
3. Монтаж геотермального поля.
4. Пробивання гнізд та отворів у бетонних та цегляних конструкціях.
5. Встановлення електричних котлів.
6. Встановлення теплових насосів.
7. Встановлення баків-акумуляторів.
8. Встановлення циркуляційних насосів.
9. Встановлення розширювальних баків.
10. Прокладання трубопроводів Ø 100 мм.
11. Прокладання трубопроводів Ø 80 мм.
12. Прокладання трубопроводів Ø 50 мм.
13. Прокладання трубопроводів Ø 40 мм.
14. Прокладання трубопроводів Ø 32 мм.
15. Прокладання трубопроводів Ø 25 мм.
16. Прокладання трубопроводів Ø 20 мм.
17. Монтаж радіаторів.
18. Фарбування трубопроводів.
19. Гідравлічне випробування.
20. Зароблення гнізд та отворів.
21. Вивезення деталей і обладнання з місця монтажу.

4.3 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій

Для випробовування трубопроводів на міцність та щільність використовується прес гідравлічний прес REMS Push [43]. Його технічні характеристики наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 3.4 Технічні характеристики гідравлічного пресу REMS Push [43]

Найменування	Одиниці виміру	Значення
Об'єм	л	12
Максимальний тиск	бар	60
Розміри	мм	500×190×140
Маса	кг	7,8

Труби, деталі, конструкції та обладнання для систем опалення завозяться централізовано автомашиною IVECO EuroCardo ML120E18. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 Технічні характеристики автомашини [4]

Найменування	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
Вантажопідйомність	кг	7600
Кількість осей:	шт	4
Ведучих:	шт	2
Найбільша швидкість	км/год	120
Паливний бак	л	115
Габаритні розміри:		
- довжина	мм	7800
- ширина	мм	2100
- висота	мм	3000
Витрата палива	л/100 км	16
Маса	кг	5990

Для зварювання поліпропіленових трубопроводів використовується паяльник ЭППТ-1850, його технічні характеристики [42]:

- витрата електроенергії, кВт – 1,8;
- сила струму, А – 160-225.

Для бурових робіт використовується мобільна бурова установка BAURER 12V [27]:

- потужність, кВт – 169 (230 к.с.);
- паливо - дизель;
- маса – 41 т.

Пробивання отворів здійснюється за допомогою ударної дрилі Dewalt. Технічні характеристики наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.6 Технічні характеристики ударної дрилі Dewalt [40]

Найменування	Одиниці виміру	Значення
Напруга	В	220
Частота	Гц	50
Потужність	Вт	650
Макс. діаметр свердління цегли	мм	15
Маса	кг	1,7

Для фарбування використовується фарборозпилювач ПК-800, його технічні характеристики [41]:

- витрата електроенергії, кВт – 0,8;
- максимальний тиск, атм – 0,18;
- продуктивність л/хв. – 380.

#### 4.4 Визначення трудомісткості монтажних робіт

- Розрахунок календарного графіку виконання робіт включає визначення
- об’ємів робіт (по кресленням та технічній документації),
- трудомісткості виконання робіт, за ДСТУ «Ресурсні елементні кошторисні норми» [11, 12],
- складу та кількості робітників;
- тривалості виконання робіт.

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою [9]:

$$Q = \frac{V \times H_q}{B} \text{ (люд/дні)}, \quad (2.1)$$

де  $V$  – об’єм робіт;

$H_q$  – норма часу на одиницю виміру, люд/год;

$B$  – кількість годин в зміні, год.

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою [9]:

$$T = \frac{Q}{n}, \text{ (днів)}, \quad (2.2)$$

де  $Q$  – трудомісткість монтажних робіт, (люд/дні);

$n$  – кількість робітників, (люд).

Допускається поправочний коефіцієнт (1÷1.15).

Розрахунки до побудови календарного графіку зведені у таблицю 3.8.



Таблиця 3.8 – Трудомісткість і тривалість виконання монтажних робіт систем опалення [9]

Найменування робіт	Од. виміру	Об'єм робі, т	Норма часу, Люд. - годин	Трудо- місткість ,люд·дні	Виконавці		Трив. дні
					кіль- кість	склад ланки	
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставка деталей та обладнання до місця монтажу.	т	11,5	2,1	4,9	6	водій монтажник 4р. - 2 2р. - 4	1
Буріння свердловин	100 м	60	44,21	331,52	16	водій монтажник 4р. - 8 2р. - 8	21
Встановлення зондів	100 м	60	5,45	40,87	8	монтажник и 3р. - 8	6
Пробивання гнізд та отворів у бетонних та цегляних конструкціях.	100 шт	3,36	83,87	35,2	10	монтажник 4р. - 5 3р. - 5	3,5
Встановлення електричних котлів.	шт	2	36,24	9,06	10	монтажник 5р. - 5 3р. - 5	1

Продовження таблиці 3.8.

1	2	3	4	5		7	8
Встановлення теплових насосів	шт	4	36,24	18,12	10	МОНТАЖНИК 5р. - 5 3р. - 5	2
Встановлення баків-акумуляторів	шт	3	6,86	2,57	3	МОНТАЖНИКИ 4р. - 1 3р. - 2	1
Встановлення циркуляційних насосів.	шт	2	21,32	5,33	6	МОНТАЖНИКИ 5р. - 3 4р. - 3	1
Встановлення розширювальних баків	шт	2	5,95	1,487	2	МОНТАЖНИКИ 4р. - 1 3р. - 1	1
Прокладання трубопроводів Ø 100 мм.	100 м	4,1	48,71	24,96	2	МОНТАЖНИКИ 5 р. - 6 3р. - 6	2,5
Прокладання трубопроводів Ø 80 мм.	100 м	2,7	48,71	16,44	2	МОНТАЖНИКИ 5 р. - 6 3р. - 6	1,5
Прокладання трубопроводів Ø 50 мм.	100 м	2,7	48,71	16,44	12	МОНТАЖНИКИ 5 р. - 6 3р. - 6	1,5
Прокладання трубопроводів Ø 40 мм.	100 м	4,05	48,71	24,66	12	МОНТАЖНИКИ 5 р. - 6 3р. - 6	2,5

Продовження таблиці 3.8.

1	2	3	4	5	6	7	8
Прокладання трубопроводів Ø 32 мм.	100 м	5,31	48,71	32,33	8	МОНТАЖНИКИ 5 р. - 8 3р. - 10	2
Прокладання трубопроводів Ø 25 мм.	100 м	4,41	48,71	26,85	18	МОНТАЖНИКИ 5 р. - 8 3р. - 10	1,5
Прокладання трубопроводів Ø 20 мм.	100 м	9,89	48,71	60,2	8	МОНТАЖНИКИ 5 р. - 8 3р. - 10	3,5
Монтаж радіаторів.	100 кВт	3,58	96,92	43,37	18	МОНТАЖНИКИ 4р. - 8 3р. - 10	2,5
Фарбування трубопроводів.	100 м <sup>2</sup>	4,02	106,59	53,56	18	МОНТАЖНИКИ 3р. - 8 2р. - 10	3
Гідравлічне випробування системи.	100 м	34,2	8,22	22,6	2	МОНТАЖНИКИ 5р. - 6 4р. - 6	2
Зароблення гнізд та отворів.	м <sup>3</sup>	2	124,11	31,03	12	МОНТАЖНИКИ 3р. - 12	2,5
Вивезення деталей і обладнання з місця монтажу.	т	0,7	2,1	0,184	8	водій МОНТАЖНИК 4р. - 8 3р. - 10	0,5

На основі трудомісткості монтажних робіт складається календарний графік (дивись лист 10).

## **4.5 Визначення складу бригад та монтажних інструментів**

### **4.5.1 Визначення складу бригад**

Монтують системи опалення бригадним методом.

Склад бригад та середній розряд робітників для виконання монтажних робіт визначається згідно нормативних документів [11, 12]. Розглянемо склад бригад окремих монтажних робіт.

1) Доставлення деталей і обладнання до місця монтажу.

Склад бригади: 3 роб.:

1 роб. - 4 розряду;

2 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 2.

2) Буріння скважин.

Склад бригади: 8 роб.:

4 роб. - 5 розряду;

4 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 2.

3) Встановлення геотермальних зондів.

Склад бригади: 8 роб.:

8 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 1.

4) Пробивання отворів і гнізд.

Склад бригади: 10 роб.:

5 роб. - 4 розряду;

5 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 1.

5) Встановлення електричних котлів.

Склад бригади: 10 роб.:

5 роб. - 5 розряду;

5 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 1.

6) Встановлення теплових насосів.

Склад бригади: 10 роб.:

5 роб. - 5 розряду;

5 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 1.

7) Встановлення баків-акумуляторів.

Склад бригади: 10 роб.:

1 роб. - 4 розряду;

2 роб. – 3 розряду.

Кількість бригад – 1.

8) Встановлення циркуляційних насосів.

Склад бригади: 6 роб.:

3 роб. - 5 розряду;

3 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 1.

9) Встановлення розрирювальних баків.

Склад бригади: 2 роб.:

1 роб. - 4 розряду;

1 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 1.

10) Прокладання сталевих трубопроводів Ø 100 мм.

Склад бригади: 6 роб.:

3 роб. - 5 розряду;

3 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 2.

11) Прокладання сталевих трубопроводів Ø 80 мм.

Склад бригади: 6 роб.:

3 роб. - 5 розряду;

3 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 2.

12) Прокладання сталевих трубопроводів Ø 50 мм.

Склад бригади: 6 роб.:

3 роб. - 5 розряду;

3 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 2.

13) Прокладання сталевих трубопроводів Ø 40 мм.

Склад бригади: 6 роб.:

3 роб. - 5 розряду;

3 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 2.

14) Прокладання сталевих трубопроводів Ø 32 мм.

Склад бригади: 9 роб.:

4 роб. - 5 розряду;

5 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 2.

15) Прокладання сталевих трубопроводів Ø 25 мм.

Склад бригади: 9 роб.:

4 роб. - 5 розряду;

5 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 2.

16) Прокладання сталевих трубопроводів Ø 20 мм.

Склад бригади: 9 роб.:

4 роб. - 5 розряду;

5 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 2.

17) Монтаж радіаторів.

Склад бригади: 9 роб.:

4 роб. - 4 розряду;

5 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 2.

18) Фарбування трубопроводів.

Склад бригади: 9 роб.:

4 роб. - 3 розряду;

5 роб. - 2 розряду.

Кількість бригад – 2.

19) Гідравлічне випробування системи.

Склад бригади: 6 роб.:

3 роб. - 5 розряду;

3 роб. - 4 розряду.

Кількість бригад – 2.

20) Зароблення гнізд та отворів.

Склад бригади: 4 роб.:

4 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 3.

21) Вивезення деталей та обладнання з місця монтажу.

Склад бригади: 1 роб.:

1 роб. - 3 розряду.

Кількість бригад – 1.

#### 4.5.2 Потреба в монтажному інструменті

Набір інструментів для монтажників системи опалення наведений в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Набір інструментів для монтажників системи опалення [42]

Найменування	ГОСТ, марка	Одиниці виміру	Кількість	Вага кг
Ключ гайковий двухсторонній M12-17-19 мм M16-22-21 мм	ГОСТ2839-80	шт	4 4	2,4 3,2
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	шт	4	1,2
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	шт	4	3,2
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	шт	4	1,2
Стрічка вимірювальна, 20 м		шт	4	0,6
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	шт	2	0,3
Висок	ГОСТ 7948-80	шт	2	0,6
Ящик переносний для інструменту		шт	4	9,6



Набір інструментів та пристосувань для зварювальних робіт наведений в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Набір інструментів та пристосувань для зварювальних робіт [42]

Найменування	ГОСТ, марка	Одиниця виміру	Кількість	Вага
1	2	3	4	5
Зварювальний апарат	СВА-1600Т	шт.	1	5,8
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	шт.	2	0,6
Ключ гайковий розвідний		шт.	1	0,25
Молоток слюсарний, 800 г	ГОСТ 2310-77	шт.	2	0,8
Щітка сталева		шт.	2	0,1

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5
Електротримач пружинний		шт.	1	0,2
Щиток для електрозварника		шт.	1	0,3
Дріт для електродугової зварки, переріз 50 мм <sup>2</sup>	ГОСТ 6731-77	м	20	18
Ящик переносний для інструменту		шт.	1	2,4

#### 4.6 Визначення витрат енергоносіїв при роботі обладнання та транспортних засобів

Витрати електроенергії на роботу електроприладів визначаються за формулою:

$$E = P \times \tau \times k, \quad (3.1)$$

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

$\tau$  – термін роботи приладу, год;

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

1) Витрата електроенергії на роботу гідравлічного пресу Rems Push:

$$E = 0,77 \cdot 16 \cdot 0,85 = 10,47 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

2) Витрата електроенергії ударною дриллю DWT:

$$E = 0,65 \cdot 28 \cdot 0,85 = 15,47 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

3) Витрата електроенергії фарборозпилювача ПК-800:

$$E = 0,8 \cdot 24 \cdot 0,85 = 16,32 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

4) Витрата енергії на роботу зварювального апарату СТЕ-24У:

$$E = 3,4 \cdot 120 \cdot 0,85 = 346,8 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

5) Витрата енергії різьбонарізним пристроєм «Rems»:

$$E = 1,7 \cdot 20 \cdot 0,85 = 28,9 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Сумарні витрати електроенергії становлять:

$$10,47 + 15,47 + 16,32 + 346,8 + 28,9 = 417,96 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів: відстань 15 км, кількість ходок  $n = 3$ , витрата пального  $Q = 16 \text{ л/100км}$ .

Необхідна кількість пального визначається за формулою:

$$Q = Q \cdot 2 \cdot n \cdot l = 0,16 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 20 = 19,2(\text{л}) .$$

#### 4.7 Розрахунок техніко-економічних показників календарного плану

1. Загальний строк будівництва:

$$T_{\text{заг.}} = 63 \text{ дні.}$$

2. Загальна трудомісткість:

$$Q_{\text{заг.}} = 566 \text{ люд/днів.}$$

3. Середня чисельність робочих:

$$R_{\text{сер.}} = Q_{\text{заг.}} / T_{\text{заг.}} = 565,88 / 63 = 9 \text{ робітників.}$$

4. Максимальна чисельність робітників:

$$R_{\text{max.}} = 18 \text{ робітників.}$$

#### 4.8 Технологічний регламент і технічні засоби для проведення випробувань систем при здачі в експлуатацію

Здавання в експлуатацію систем опалення виконувати в три етапи: зовнішній огляд, випробування гідростатичним або манометричними методами, випробовування на тепловий ефект.

Під час зовнішнього огляду перевіряти відповідність виконаних монтажних робіт затвердженому проекту, правильність збирання і міцність закріплення труб, нагрівальних пристроїв, встановлення контрольно-вимірювальних приладів, запірної та регулювальної арматури, розташування спускних і повітряних кранів, дотримання нахилів, відсутність протікання в з'єднаннях, секціях радіаторів, кранах, засувках тощо.

Після зовнішнього огляду до початку малярних, лицевальних робіт систему опалення випробовувати на міцність і герметичність.

Ефективність роботи системи опалення визначається після її семигодинної неперервної роботи з теплоносієм в подавальному трубопроводі з температурою, не нижчою за 50 °С і робочим тиском.

Здаючи систему опалення в експлуатацію, подають комплект виконавчої документації (робочі креслення з внесеними змінами), всі акти приймання

прихованих робіт, паспорти обладнання, акти гідравлічного і теплового випробувань системи.

Гідравлічне випробування трубопроводів виконати в такій послідовності:

- зовнішній огляд трубопроводу;
- встановлення заглушок і манометрів;
- приєднання водопроводу і гідравлічного пресу;
- наповнення окремих частин системи водою до заданого тиску;
- огляд трубопроводу з відміткою дефектних місць;
- спуск води з трубопроводу і усунення дефектів;
- повторне наповнення системи в цілому до заданого тиску;
- огляд і перевірка системи, зниження тиску і усунення дефектів;
- здача системи;
- спуск води з системи;
- зняття заглушок, манометра і від'єднання пресу.

Схема проведення випробувань показана на рисунку 3.1.

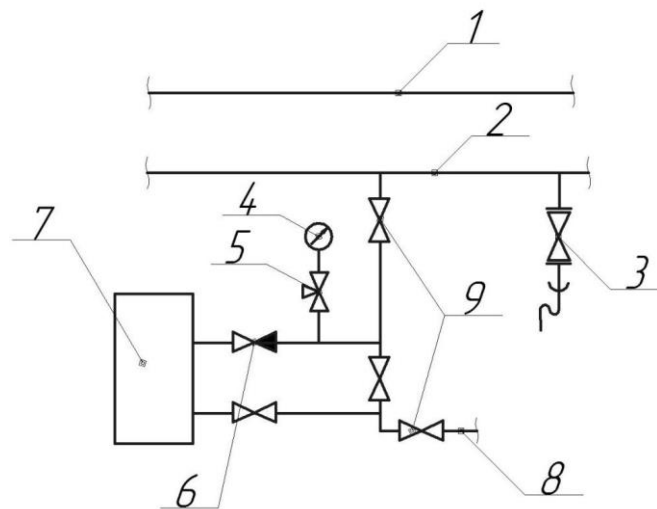


Рисунок 3.1 – Принципова схема випробування системи опалення: 1, 2 – подаючий та зворотній трубопроводу системи опалення; 3 зливний кран; 4 – манометр; 5 – спускний кран; 6 – зворотній клапан; 7 – гідравлічний прес; 8 – від водопроводу; 9 – кран кульовий.

Система витримала випробування гідростатичним методом, якщо протягом 5 хв падіння тиску не перевищує 0,02 МПа і якщо немає протікання води в місцях трубних з'єднань, в арматурі, нагрівальних приладах і обладнанні.

При гідравлічному випробуванні використовувати манометри з класом точності 0,4 – МТИф (манометр точних вимірів – діапазон до 600 кПа).

### **Висновки до розділу**

В даному розділі роботи розглянуто конструктивні особливості об'єкта монтажу, на основі чого складено перелік монтажних робіт. Для кожної роботи окремо визначено об'єм роботи.

Складено відомості потреби у витратних матеріалах та виробих, а також пораховано загальну масу матеріалів та виробів, яка становить:

- основні матеріали – 9351 кг;
- прилади та устаткування – 388 кг;
- допоміжні матеріали – 1769 кг.

Підібрано необхідні машини та механізми, залежно від виду робіт, що виконуються.

Розраховано окремо для кожної з робіт трудомісткість, тривалість та склад бригад монтажників.

На основі цього розроблено та накреслено календарний план монтажу систем (див. аркуш 10). Запроектований термін виконання всього монтажного процесу – 65 днів. Загальна трудомісткість процесу монтажу системи – 566 люд-днів.

Побудовано графік руху робітників та графік руху машин і механізмів. Підраховано техніко-економічні показники графіку руху робітників (див. аркуш 10), які знаходять у встановлених межах.

Загальні витрати електроенергії становлять 417,96 кВт·год. Витрати пального – 19,2 л.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Загальні положення

В роботі розглядається модернізація системи опалення дев'ятиповерхового будинку в м. Черкаси. Модернізація передбачає встановлення енергоефективного теплогенеруючого обладнання та заходи по теплоізоляції будівлі.

Згідно ГОСТ 12.003-74, на будівельно-монтажний персонал, що виконує роботи по модернізації системи опалення дев'ятиповерхового будинку, впливають наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

фізичні:

- рухомі машини і механізми;
  - рухомі частини виробничого обладнання;
  - вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
  - підвищена та понижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
  - підвищена та понижена вологість повітря;
  - підвищена та понижена рухливість повітря;
  - підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
  - недостатнє освітлення робочої зони;
  - недостатність природного освітлення;
  - небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якої може відбутися через тіло людини;
  - підвищений рівень шуму на робочому місці;
  - підвищений рівень вібрації;
  - гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;
  - розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);
- психофізіологічні:
- фізичні перевантаження (динамічні);
  - нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга).

## **5.2 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання**

### **5.2.1 Вимоги до організації робочого місця з улаштування системи опалення**

Виконавці робіт повинні бути забезпечені нешкідливими миючими засобами і теплою водою. Не дозволяється застосовувати лакофарбові матеріали та розчинники невідомого складу, а також речовини й матеріали, на яких нема показників пожежної і токсичної небезпеки.

### **5.2.2 Організація робочих місць**

Робочі місця для виконання опоряджувальних робіт, улаштування фасадних систем на висоті повинні бути обладнані засобами підмоцнення і сходами-драбинами для піднімання на них. Засоби підмоцнення, що застосовуються під час штукатурних, малярних робіт, улаштування фасадних систем у місцях, під якими виконуються інші роботи чи є прохід, повинні бути з настилами без зазорів. Внутрішні штукатурні роботи, а також монтаж збірних карнизів і ліпних елементів внутрішніх приміщень необхідно виконувати тільки з помостів або пересувних столиків, встановлених на підлогу, або на суцільні настили. Зовнішні штукатурні роботи необхідно виконувати з інвентарних вертикальних або підвісних риштувань.

Під час виконання робіт на внутрішніх сходових клітках необхідно застосовувати спеціальні помости (столики) з різною довжиною опорних підпорок, які встановлюються на сходинки. Робочий настил повинен бути горизонтальним та мати парапетні огорожі.

Під час роботи зі шкідливими та пожежовибухонебезпечними матеріалами, що утворюють вибухонебезпечну пару, приміщення необхідно постійно провітрювати, а також протягом 1 год після закінчення роботи, застосовуючи природну або штучну вентиляцію. Електропроводка й електроустаткування повинні бути у вибухобезпечному виконанні. Робота з використанням вогню в цих приміщеннях заборонена.

Місця, над якими виконуються скляні чи облицювальні роботи, повинні бути огорожені. Заборонено скління або облицювальні роботи на кількох ярусах по одній вертикалі одночасно.

У разі застосування повітронагрівачів (електричних або таких, що працюють на рідкому паливі) для просушування приміщень будинків і споруд необхідно дотримуватися вимог ДБН В.1.1-7. Заборонено обігрівати та сушити приміщення жаровнями та іншими пристроями, що виділяють у приміщення продукти згоряння палива.

Під час виконання робіт із розчинами, що містять хімічні добавки, необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (гумові рукавички, захисні мазі, окуляри) відповідно до інструкції заводу-виробника, зважаючи на склад речовин, що використовуються.

Під час сухого очищення поверхонь та інших роботах, пов'язаних із виділенням пилу і газів, а також під час механізованого шпаклювання і фарбування необхідно користуватися респіраторами із захисними окулярами.

Під час нанесення розчину на стельову чи вертикальну поверхню необхідно користуватися захисними окулярами.

#### 4.2.3 Порядок виконання робіт

Перед початком кожної зміни повинна бути перевірена справність розчинонасосів, шлангів, дозаторів та іншого обладнання, що застосовується під час штукатурних робіт. Манометри повинні бути випробувані та опломбовані (пройти державну перевірку). Якщо тиск на манометрах розчинонасосів перевищує допустимі значення, зазначені у паспорті, працювати на розчинонасосі не дозволяється.

Розбирання, ремонт і чищення штукатурних машин, форсунок та іншого устаткування, що застосовується під час механізованих штукатурних робіт, проводяться після зниження в машинах тиску до атмосферного і відключення машин від електромережі. Продування шлангів стисненим повітрям допускається тільки після виведення людей за межі небезпечної зони (10 м і більше).

Не допускається перегинати шланги під гострим кутом і у вигляді петлі, а також затягувати сальники під час роботи штукатурних машин. Оператори, які наносять штукатурний розчин на поверхню за допомогою сопла, і робітники, які



виконують набризкування розчину вручну, повинні бути забезпечені захисними окулярами.

Переносні струмоприймальники (інструмент, машини, світильники тощо), що використовуються для виконання штукатурних робіт, повинні бути розраховані на напругу не більше ніж 25 В. Під час виконання робіт із приготування і нанесення фарбувальних сумішей, включаючи імпорتنі, необхідно дотримувати вимоги інструкцій підприємств-виробників з безпеки праці.

На усі вихідні компоненти, що надходять, і готові фарбувальні суміші повинні бути гігієнічні сертифікати із зазначенням пожежовибухонебезпечності, строків і умов зберігання, наявності в них шкідливих речовин, рекомендацій щодо методу нанесення, необхідності застосування засобів колективного та індивідуального захисту.

Не допускається застосовувати розчинники на основі бензолу, хлорованих вуглеводнів, метанолу. Під час виконання фарбувальних робіт із застосуванням пневматичних агрегатів необхідно:

- до початку роботи перевірити справність устаткування тиском, що зазначений у паспорті, сигналізації, наявність захисного заземлення;

- під час виконання робіт не допускати перегинання шлангів і їх дотику до сталевих канатів, що рухаються;

- відключати подачу повітря та перекривати повітряний вентиль під час перерви в роботі або у разі виявлення несправностей механізму агрегата.

Тару з вибухонебезпечними матеріалами (лаками, емалями, нітрофарбами тощо) під час перерви у роботі необхідно закрити пробками або кришками, а відкривати інструментом, що не спричиняє іскроутворення. Лакофарбові матеріали необхідно зберігати на робочих місцях у щільно закритій тарі, у кількості, що не перевищує змінну потребу, або в кількості, яка не перевищує ємність фарбоагнітального бака або стандартної фляги (40 л). На кожній тарі з лакофарбовим матеріалом, розчинником повинна бути наклейка або бирка з точною назвою матеріалу та зазначенням пожежонебезпечних властивостей.

Порожня тара з-під лакофарбових матеріалів повинна бути щільно закритою і зберігатися на спеціально відведених місцях.

Під час малярних робіт у приміщеннях із застосуванням пневматичних апаратів, а також швидкосохнучих лакофарбових матеріалів, що містять у собі шкідливі леткі розчинники, робітники повинні бути забезпечені роботодавцем респіраторами відповідного типу і захисними окулярами. Виконувати такі роботи необхідно за відкритих вікон або за наявності штучної вентиляції. Разом з цим кількість газів, пари та пилу в робочій зоні не повинна перевищувати граничнодопустимої концентрації шкідливих речовин, визначеної ГОСТ 12.1.005.

Для вентиляторів необхідно застосовувати електродвигуни у вибухобезпечному виконанні, а вимикачі виносити в безпечне місце.

Вогневі роботи (зварювальні тощо) необхідно проводити на відстані не ближче ніж 15 м від відчинених отворів приміщень, в яких виконуються роботи із застосуванням лакофарбових матеріалів, що містять у собі леткі органічні розчинники. Фарборозпилювачі та шланги в кінці робочої зміни повинні бути очищені й промиті від залишків лакофарбових матеріалів.

Електроінструмент, переносні лампи, знижувальні трансформатори і перетворювачі частоти струму необхідно перевіряти один раз на місяць на відсутність замикання на корпус, цілісність заземлювального контуру, цілісність ізоляції живильних проводів та відсутність оголених струмопровідних частин. Переносні трансформатори необхідно перевіряти також на відсутність замикання між обмотками високої і низької напруги.

Під час сухого опоряджування всередині приміщення робочі місця повинні бути обладнані місцевими пиловідсмоктувачами. Під час механізованого розпилювання опоряджувальних блоків і плит необхідно використовувати засоби пилопридушення – наприклад, воду. Розпилювальний станок необхідно облаштувати дерев'яним настилем із рівчачком для відведення води. Настил необхідно очищувати щоденно.

Під час улаштування теплоізолювальних фасадних систем параметри технологічного процесу і обладнання для його реалізації повинні відповідати

вимогам ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002, СП 1042, НПАОП 40.1.-1.32. Технологічне обладнання повинно бути заземлене відповідно до ГОСТ 12.1.030, комунікації заземлити від статичної електрики згідно з вимогами ГОСТ 12.4.124.

Технічна експлуатація електроустаткування під час монтажу фасадних систем повинна здійснюватись відповідно до ГОСТ 12.1.018, ДСТУ 7237 і Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів, затверджених наказом Мінпаливенерго України від 25.07.06 № 258, зареєстрованих у Мін'юсті України від 25.10.06 № 1143/13017.

Під час улаштування фасадних систем виробничі ділянки повинні бути забезпечені знаками безпеки згідно з ДСТУ ISO 6309 та ГОСТ 12.4.026.

#### 5.2.4 Електробезпека

Живлення силового обладнання для термомодернізації житлового будинку та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у приміщенні струмопровідної підлоги.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

### 3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками;

- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам до переносних електропроводок;

- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;

- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання.

- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);

- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

### **5.3 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії**

#### **5.3.1 Мікроклімат**

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Робота проектувальника відноситься до легкої фізичної роботи категорія Іа, бо він практично весь свій робочий день проводить сидячи. Параметри мікроклімату в приміщення наведено в таблиці 10.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Іа	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Іа	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці проектувальника крану передбачається:

- в холодну пору року - використання калорифера;
- в літню пору - застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву, провітрювання приміщень.

### 5.3.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 10.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони в кабіні проектувальника установки

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

Провітрювання приміщень;

Цілісність вікон для перешкодження попадання пилу в приміщення під час роботи;

Встановлення пиловловлюючих засобів.

### 5.3.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення у виробничих приміщеннях. Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG" [47]. Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

#### 5.3.4 Виробничий шум

Рівень звуку вимірюється в децибелах і визначається по формулі [48]:

$$L = 20 \cdot \lg \left( \frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left( \frac{U}{U_0} \right),$$

де  $L$  - рівень шуму, дБ;

$P$  - звуковий тиск, Па;

$U_0$  - коливальна швидкість,  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с;

$P_0$  - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським



вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

### 5.3.5 Психофізіологічні фактори [51]

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Вільна зручна поза, можливість зміни пози (сидячи, стоячи) за бажанням працівника. Знаходження в позі стоячи до 40% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 250

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: до 50

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 4

По вертикалі: до 2

Інтелектуальні навантаження: Відсутня необхідність прийняття рішення

Зміст роботи: Сприймання сигналів, але без потреби в корекції дій, Обробка та виконання завдання, Робота за індивідуальним планом

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) до 25

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи до 75

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) до 2

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) до 16

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника

Ступінь ризику для власного життя – Виключений

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (приймів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово більше 10

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) більше 100

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) менше 75

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 6–7

Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, достатньої тривалості 7% і більше часу зміни

## **5.4 Безпека при НС.**

5.4.1 Оцінка стійкості роботи автоматичних систем управління (АСУ) в умовах дії іонізуючого випромінювання

Дія радіації на матеріали і деталі апаратури залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опромінюваної речовини та умов навколишнього середовища.

В апаратурі радіація викликає зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схеми, що приведе до пошкодження апаратури.

Якщо потік гамма-опромінення проходить через елементи апаратури, то в них виникають вільні носії електричних зарядів, внаслідок переміщення яких виникає хибний імпульс, який може призвести до включення пристрою.

В елементній базі внаслідок дії іонізуючих випромінювань можлива зміна майже всіх електричних та експлуатаційних характеристик, залежних від проходження процесів іонізації і порушення структури матеріалів [58].

Основними заходами щодо підвищення радіаційної стійкості можуть бути: використання в апаратурі радіаційно стійких елементів і матеріалів; застосування для ОЦ різних апаратних масивних екранів або активного захисту від дії радіації. При імпульсній дії іонізуючих випромінювань крім перерахованих заходів використовують: схеми малочутливі до зміни електричних параметрів; зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення; зниження напруги живлення на аноді і збільшення негативного зміщення сіток газорозрядних приладів; застосування пристроїв, що вимикають радіотехнічні схеми на час дії радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під

навантаженням та ін [30].

За критерій стійкості роботи автоматичних систем управління в умовах іонізуючого випромінювання приймається допустима доза опромінення або граничне значення рівня радіації, при яких в елементарній базі можуть виникнути зворотні зміни, але система ще буде працювати з потрібною якістю.

Початковими даними для оцінки обстановки є [52]:

1. Рівень радіації через одну годину після іонізуючого випромінювання  $P_{1\max}$ ;
2. Коефіцієнт послаблення радіації  $K_{\text{noc.n.n}} = 300$  [52].

Оцінка стійкості роботи системи ведеться у такій *послідовності* [52]:

1. Аналізуємо автоматичну систему управління і визначаємо елементну базу, від якої залежить її функціонування потрібної якості.

2. За довідниковими даними [52] визначаємо граничні значення доз опромінення елементної бази, або рівнів радіації, при яких в елементах можуть виникнути зворотні зміни  $D_{epi}, P; (P_{epi}, P/c)$ . Дані заносимо до таблиці 8.9.

Таблиця 5.5 – Елементи АСУ

Елементна база РЕС	$P_{epi}, P/c$	$D_{epi}, P$	$P_{gr}, P/c$	$D_{gr}, P$
1	2	3	4	5
1. Випрямлячі	$5 \times 10^5$	$10^6$	$10^4$	$10^4$
2. Мікросхеми	$10^4$	$10^5$		
3. Конденсатори	$10^5$	$10^7 \dots 10^9$		
4. Резистори	$10^6$	$10^7 \dots 10^9$		
5. Транзистори, діоди загального призначення	$10^5$	$10^4 \dots 10^6$		
6. Кераміка	$10^5$	$10^{20}$		

3. За мінімальним значенням  $D_{epi} = 10^4 P$  визначаємо границю стійкості роботи системи в цілому  $D_{ep} = 10^4 P$ . Дані заносимо до таблиці 8.9.

Умови стійкості системи:

$$\left. \begin{array}{l} P_{ep} \geq P_{1max} \\ D_{ep} \geq D_{max} \end{array} \right\} - \text{стійка},$$

$$\left. \begin{array}{l} P_{ep} < P_{1max} \\ D_{ep} < D_{max} \end{array} \right\} - \text{нестійка}.$$

Тоді, щоб оцінити можливу дозу опромінення, за якої система буде стійка до іонізуючих випромінювань, приймаємо, що рівень радіації через одну годину після випромінювання  $p_{1max}$  рівний природному фону:  $p_{1max} = 25$  мкР/год.

4. Визначаємо можливу дозу опромінення системи протягом терміну експлуатації

$$D_m = \frac{2P_{1\max} \cdot (\sqrt{t_\kappa} - \sqrt{t_n})}{K_{\text{посл}}}, \quad (4.8)$$

$$P_{1\max} = \frac{D_{\text{гр}} \cdot K_{\text{посл}}}{2 \cdot (\sqrt{t_\kappa} - \sqrt{t_n})} = \frac{10 \cdot 10^4}{2 \cdot (\sqrt{8760} - \sqrt{1})} = 1021 \text{ (P/год)}$$

#### 5.4.2 Оцінка безпеки роботи АСУ в умовах дії електромагнітного імпульсу

Основним заходом захисту апаратури від дії електромагнітного імпульсу є екранування струмопровідних частин системи або її елементів [59].

Критерієм оцінки приймається коефіцієнт безпеки

$$K_{\sigma(\epsilon, \epsilon)} = 20 \lg \frac{U_{\text{дон}}}{U_{\epsilon(\epsilon)}} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (8.10)$$

де,  $U_{\text{дон}}$  – допустима напруга живлення

$$U_{\text{дон}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N; \quad (8.11)$$

$U_{\epsilon(\epsilon)}$  – напруги, наведені у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах функціональних ділянок;

$N$  – допустиме відхилення у відсотках.

Вихідними даними є:

- напруга живлення,  $B - U_{\text{ж}} = 380 \text{ В}$ ;
- допустимі відхилення,  $\% - N = 5\%$ .

Тоді, оцінку проводимо у наступній *послідовності* [52]:

1. Визначаємо допустимі коливання напруги за формулою (8.11):

$$U_{\text{д}} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 \text{ (В)}.$$

2. Задаючись мінімально допустимим значенням коефіцієнта безпеки роботи системи  $K_{\sigma(\epsilon)} = 40 \text{ дБ}$  (при такому значення система є стійкою), визначаємо напругу

наведення у струмопровідній частині за формулою (8.12).

$$K_{\delta(z)} / 20 = \lg \frac{U_{\text{дон}}}{U_z} \Rightarrow \frac{U_{\text{дон}}}{U_z} = 10^{K_{\delta(z)}/20} \Rightarrow U_z = \frac{U_{\text{дон}}}{10^{K_{\delta(z)}/20}},$$

$$U_z = \frac{U_{\text{дон}}}{10^{K_{\delta(z)}/20}}, \quad (8.12)$$

$$U_z = \frac{399}{10^{40/20}} = 3,99 \text{ (В)}.$$

3. Визначаємо максимальні довжини горизонтальних і вертикальних струмопровідних частин  $l_{\Gamma} = 0,1 \text{ м}$ ,  $l_{\text{В}} = 2,5 \text{ м}$ .

4. Напряга у горизонтальній струмопровідній частині апаратури,  $B$

$$U_z = E_{\text{в}} \cdot l_z. \quad (8.13)$$

5. Із формули (8.13) знаходимо вертикальну складову напруженості електричного поля:

$$E_{\text{в}} = \frac{U_z}{l_z}, \quad (8.14)$$

$$E_{\text{в}} = \frac{3,99}{0,1} = 39,9 \text{ (В/м)}.$$

Отже, робота автоматичних систем управління електричними котлами в умовах дії електромагнітного імпульсу буде безпечною за умови, що значення вертикальної складової напруженості електричного поля  $E_{\text{в}}$  не перевищуватиме 39,9 В/м.

### 5.3.3 Заходи для забезпечення безперервної роботи при збоях електропостачання

Надійність та якість роботи запроєктованої системи опалення напряму залежить від якості електропостачання. Для забезпечення безперебійної роботи автоматичних систем управління (АСУ) та електричного теплогенеруючого обладнання слід влаштувати генератор аварійного електропостачання. В якості резервного генератора електричної енергії обираємо дизель-генератор, що розташовується в приміщенні опалювального пункту підвального поверху.

Для раціонального виконання поставленої задачі необхідно підібрати вихідну потужність дизель-генератора, яка забезпечить електроенергією роботу системи опалення в повній мірі, протягом часу, потрібного для усунення проблем електропостачання.

Вибір потужності генератора:

- Визначити та скласти показники потужності кожного споживача, який буде підключатися до мережі. Слід врахувати, що не всі електричні прилади працюватимуть одночасно.

- Визначити показники пускового струму - потужності, яка знадобиться для запуску приладів.

- Розрахувати запас потужності для генератора. Не варто експлуатувати генератор на максимум - це швидко виснажить його ресурс, тому слід додати до сумарного значення електричної потужності електричних приладів 20-30% запасу. Надто потужний прилад обирати не потрібно, оскільки це призведе до значних перевитрат палива.

Резервний генератор спрацьовує автоматично при збоях електропостачання.

### 5.4.4 Надійність та електробезпека при експлуатації АСУ та СО. Протидія виникненню коротких замикань

Категорія приміщення опалювального пункту за ступенем електробезпеки – з підвищеною небезпекою (можливе одночасне доторкання людини до корпусів



електричного обладнання і заземлених металевих конструкцій будівель, технологічного обладнання).

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам від контакту з нормально струмоведучими елементами електроустаткування:

–ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно до вимог нормативів;

–використання засобів орієнтації в електроустаткуванні, що запобігають помилковим діям при обслуговуванні та експлуатації електроустаткування – написи, таблички, попереджувальні знаки, сигналізація, різнокольорова ізоляція провідників;

–підведення кабелів до споживачів у захисних коробах.

Для забезпечення надійного захисту електроустаткування слід передбачити встановлення автоматичних вимикачів, які будуть вимикати електричний струм при ненормальних умовах та вмикати при нормальних.

При живленні споживачів струму від мережі чотирипровідної трифазної з глухо заземленою нейтраллю при напрузі до 1000 В використовується занулення. При зануленні пробій на корпус приводить до короткого замикання. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

### **Висновки до розділу**

У даному розділі роботи наведено основні технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії (розглянуто мікроклімат та склад повітря робочої зони, виробниче освітлення та віброакустичні коливання), необхідні для поліпшення умов праці.

Наведено основні положення технічних рішень щодо безпечного виконання робіт, що містить в собі положення безпеки організації робочих місць, безпечність технологічного обладнання та процесу, а також заходи з електробезпеки.

При оцінці стійкості системи під час впливу на неї іонізуючого випромінювання проведено аналіз елементної бази із зазначенням граничних доз опромінення та рівнів радіації. Визначено мінімальне значення границі стійкості

системи  $D_{cpi} = 10^4 P$ . Також визначено можливу дозу опромінення  $D_m = 15,6 мР$ . Проведено порівняння отриманих значень:  $D_m < D_{cp}$ , а отже, – система є стійкою умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий термін експлуатації системи в заданих умовах становить  $t_\delta = 1,44 \cdot 10^{22}$  год.

При оцінці безпеки роботи системи під час впливу на неї електромагнітного імпульсу розраховано допустимі коливання напруги  $U_d = 399 В$  та визначено вертикальну складову електричного поля  $E_e = 39,9 В/м$ . Робота системи буде безпечною, якщо  $E_e$  не перевищуватиме отриманого значення  $39,9 В/м$ .

## **6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**

### **6.1 Локальний кошторис**

Кошторисна документація складена відповідно до [55] в цінах 2020 року.

В локальному кошторисі визначено кошторисну вартість робіт, яка містить в собі прями та загальновиробничі витрати.

Прямі витрати враховують заробітну плату робітників, вартість експлуатації будівельних машин і механізмів, вартість матеріалів, виробів і конструкцій. Загальновиробничі витрати будівельно-монтажної організації входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт.

Локальний кошторис складено на влаштування системи опалення та неведено в додатку В. Склад, об'єми робіт та необхідну кількість витратних матеріалів наведено у четвертому розділі роботи. Основою для розробки кошторису є креслення та технічні розрахунки (розділ 3).

Локальний кошторис на монтаж системи опалення складений за допомогою програмного комплексу АВК 5 v3.0.0.

### **6.2 Загальні техніко-економічні показники**

Техніко-економічні показники проекту визначаються сумарними характеристиками, віднесеними до об'єму теплоносія, що транспортується. Основним показником є кошторисна вартість монтажу системи, яка визначається відповідно діючим нормам із врахуванням встановлених надбавок на накладні витрати та планові накопичення.

Значення основних техніко-економічних показників наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 6.1 – Орієнтовані величини ТЕП

Показник	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
Загальна продуктивність системи опалення	кВт	346
Витрати електроенергії системою в рік	кВт в рік	530640
Вартість основного обладнання: - 2 електричних котла (140 000 грн); - 4 теплових насоси (1 200 000 грн); - 3 бака-акумулятора (147 000 грн).	грн	1487000
Орієнтована вартість монтажу системи	грн	2516149
Загальна вартість	грн	4003149

Локальний кошторис на влаштування системи опалення наведено в додатку В пояснювальної записки.

### Висновки до розділу

В даному розділі роботи складено локальний кошторис на проведення монтажу системи опалення житлового 9-поверхового будинку та визначено основні величини орієнтовних техніко-економічних показників.

Загальна кошторисна вартість проведення робіт, враховуючи вартість матеріалів, становить 2516149 грн., в тому числі кошторисна заробітна плата складає 1142701 грн, вартість обладнання становить 1487000. Загальна вартість 4003149 грн.

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

У розділі науково-технічного обґрунтування проведено аналітичний огляд відомих досліджень у проектуванні систем теплопостачання із використанням альтернативних джерел енергії. На основі проаналізованих відомих способів генерації тепла обґрунтовано доцільність влаштування індивідуального опалювального пункту та переходу на електроопалення. Наведено переваги використання акумуляційного обігріву. Приведено відомі види та типи теплових насосів, що можуть використовуватись для потреб теплопостачання. Виконано дослідження та теоретичне обґрунтування можливості встановлення бівалентної системи опалення для багатоповерхового будинку, що забезпечує максимально високі показники економічності та ефективної якості роботи системи.

В розділі з техніко-економічного обґрунтування визначено основні технологічні та будівельні рішення, які можуть бути втілені в процесі монтажу систем.

Описано економічний ефект від влаштування індивідуального теплового пункту та пораховано показники економічної ефективності:

- абсолютний ефект на капітальні вкладення  $K_{\text{еф}} = 3462424$  грн.;
- абсолютний ефект на експлуатаційних витратах  $E_{\text{еф}} = 341967$  грн.;
- термін окупності  $T_{\text{ок}} = 8,5$  років.

У розділі технічної частини наведено природно-кліматичну характеристику району забудови, а також визначено необхідні параметри зовнішнього повітря та необхідні параметри мікроклімату приміщень; приведено розрахунки системи опалення. Розраховано тепловтрати опалюваних приміщень (додаток В), на основі чого підібрано опалювальні прилади (схеми системи опалення із зазначеними типорозмірами радіаторів наведено на аркушах 1 та 2). Загальні витрати теплоти на опалення будівлі – 346 кВт. Річні витрати електроенергії котельною установкою складають 530640 кВт.

Проведено гідравлічний розрахунок та визначено необхідні діаметри поліпропіленових труб: 20, 25, 32, 50, 80 та 100 мм із зазначенням їх на

аксонометричних схемах систем опалення, що наведені на аркушах 3, 4, 5. Схема розведення трубопроводів системи опалення по цокольному поверху наведена на аркушах 1, 2.

У розділі організаційно-технологічної частини описано конструктивні особливості об'єкта монтажу та його прийняття під монтаж.

Наведено технічні рішення монтажу системи опалення із визначенням складу робіт та їх об'єму. Складено перелік необхідних основних та допоміжних витратних матеріалів та виробів, маса яких, відповідно, складає:

- основні матеріали – 9351 кг;
- допоміжні матеріали – 1769 кг.

Вибрано та обґрунтовано методи виконання робіт. Підібрано необхідні інструменти, вибрано типи машин та механізмів. Наведено технічні характеристики підібраного обладнання та машин.

Розраховано трудомісткість монтажних робіт, а також визначено склад бригад та тривалість виконання кожної роботи. Загальна трудомісткість робіт складає 566 люд-днів. Тривалість виконання монтажних робіт становить 65 днів.

Визначено витрати енергоносіїв при роботі обладнання та транспортних засобів, які складають:

- витрата електроенергії – 417,96 (кВт· год),
- витрата пального – 19,2 л.

Вузол теплового пункту наведено на аркуші 8. Календарний графік монтажу системи опалення, графік руху робітників із техніко-економічними показниками до нього та графік руху машин і механізмів наведено на аркуші 9.

У розділі з охорони праці та безпеки у НС були розглянуті технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення щодо безпечного виконання робіт (безпечної експлуатації об'єкта).

При оцінці стійкості системи під час впливу на неї іонізуючого випромінювання проведено аналіз елементної бази із зазначенням граничних доз опромінення та рівнів радіації. Мінімальне значення границі стійкості системи  $D_{cpi} = 10^4 R$ . Також визначено можливу дозу опромінення  $D_m = 15,6 мР$ . Допустимий

термін експлуатації системи в заданих умовах становить  $t_o = 1,44 \cdot 10^{22}$  год.

При оцінці безпеки роботи системи під час впливу на неї електромагнітного імпульсу розраховано допустимі коливання напруги  $U_d = 399$  В та визначено вертикальну складову електричного поля  $E_e = 39,9$  В/м. Робота системи буде безпечною, якщо  $E_e$  не перевищуватиме отриманого значення 39,9 В/м.

У розділі економіки показників проекту складено локальний кошторис (додаток Б) на влаштування системи опалення. Загальна кошторисна вартість проведення робіт, враховуючи вартість матеріалів, становить 2516149 грн., в тому числі кошторисна заробітна плата складає 1142701 грн, вартість обладнання становить 1487000. Загальна вартість 4003149 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Геотермальна енергетика та геотермальні системи теплопостачання/ В.Т. Радецький // Тези студентських доповідей міжнародної науково-технічної конференції ВНТУ – Вінниця, 2020 р.
2. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006 - [ Чинний від 2007-04-01 ]. Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2007 р. – 72 с. – (Державні будівельні норми).
3. Каталог опалювальних приладів KORADO [Електронний ресурс]: характеристики опалювальних приладів. – Режим доступу до ресурсу.:  
<http://www.korado.ru/>
4. Сайт компанії Iveco [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу:  
<http://www.gruz-inform.interdalnoboy.com/iveco/>
16. Р.І. Кінаш. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт  
Р.І. Кінаш, С.С. Жуковський – Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999 р. – 448 с.
5. Каталог дерев'яних вікон «Terminus» [Електронний ресурс]: характеристика вікна потрійного скління «Terminus». Режим доступу до ресурсу:  
<https://terminus.ua/ru/>
6. Сайт компанії Komunar [Електронний ресурс]:  
Характеристика подвійних входних дверей. Режим доступу до ресурсу:  
<https://eney.vn.ua/>
7. Сравнительный анализ экономической эффективности отопления с применением тепловых насосов / ВЦП. – N Я–11892 – Б.г. з – 21 с.: ил. Пер. ст. Клоза F. Warmepumpenheizungen. из журн.: ТАВ Technik am bau. – 1988. – N 6. – P.461-465.
8. Расчет необходимой мощности нагревательных приборов и количества энергии для отопления зданий / ВЦП. – N Т–4559 – Б.г. – 34 с.: ил. Пер. отчета: Rakennusten lammityksen tehonja energiantarpeen laskenta Ymparistoministerio. Selostus. – S.l., 1985. – P. 1-14



9. Постанова № 498 [електронний ресурс]: «Про затвердження Порядку застосування тарифів на електроенергію». – [Чинна від 2012-05-01]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0599-12>
10. Рейд Д. Тепловые насосы / Д. Рейд, Д. Макмайкл – Пер. с англ. – М. : Энергоиздат, 1982. – 224 с.
11. Лобаєв Б. Використання геотермальних вод // Б. Лобаєв, В. Березовський, О. Скаленко – Сіл. буд-во. – 1972. – № 10. С. 15-16.
12. Денисенко Г. И. Возобновляемые источники энергии / Г. И. Денисенко – К. : Вища школа, 1983.
13. Усаковский В. М. Возобновляющиеся источники энергии / В. М. Усаковский – М. : Россельхозиздат, 1986.
14. Будівельна кліматологія: ДСТУ Н.Б.В.1.1-27:2010. – На заміну СНиП 23-01-99. – [Чинний від 2011-11-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 128 с. – (Державний стандарт України).
15. Шилов Е. Й. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників. Навчальний посібник / Е. Й. Шилов, А. Ф. Гайко – Київ, 2001 – 54 с.
16. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинний від 2013-09-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2013. – 168 с. – (Державні будівельні норми).
17. Каталог поліпропіленових труб [електронний ресурс]: Трубопроводи систем опалення фірми FV Plast – Режим доступу до ресурсу: [https://teplota.ua/shop/fv-plast-truba-faser-d\\_25mm-truba-polipropilenovaya-so-steklovoloknom-dlya-otopleniya-i-vodyi,-cena-za-1m\\_p\\_-3140p.html](https://teplota.ua/shop/fv-plast-truba-faser-d_25mm-truba-polipropilenovaya-so-steklovoloknom-dlya-otopleniya-i-vodyi,-cena-za-1m_p_-3140p.html)
18. Каталог балансувальних клапанів [електронний ресурс]: Балансувальні клапани систем опалення фірми Danfoss. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.danfoss.com/uk-ua/products/valves/dhs/hydrionic-balancing-and-control/automatic-balancing-valves/>

19. Каталог електричних котлів «Титан» [електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://prom.ua/p537084459-kotel-elektricheskij-napolnyj.html?&primelead=MS4xMg>

20. Теплові насоси «NIBE» [електронний ресурс]: Тепловий насос NIBE F1345 60 кВт – Режим доступу до ресурсу: <https://nibe.ua/modification/f1345-60-excl-circ-pump>

21. Каталог баків-акумуляторів [електронний ресурс]: Бак-акумулятор ємністю 4000 л. – Режим доступу до ресурсу: <https://prom.ua/p550095776-bak-akkumulyator-4000.html>

22. Каталог рушникосушарок [електронний ресурс]: Рушникосушарка Koralux – Режим доступу до ресурсу: <https://allo.ua/ru/polotencesushiteli/proizvoditel-koralux/>

23. Режими роботи теплових насосів [електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/26357/1/Kobylchenko\\_Teplonasosna\\_ustanovka.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/26357/1/Kobylchenko_Teplonasosna_ustanovka.pdf)

24. Науково-дослідна робота на тему «Бівалентна теплонасосна установка для опалення виробничого приміщення» [електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2018/03/%D0%A2%D0%9D%D0%A3.pdf>

25. Каталог геотермальних зондів [електронний ресурс]: Грунтовий колектор (геотермальний зонд) діаметром 32 мм – Режим доступу до ресурсу: <https://www.geoteplo.com.ua/ua/katalog/geotermia/210-geothermalny-zondi.html>

26. Деякі системи генерації тепла [електронний ресурс]: Класифікація способів генерації теплової енергії. – Режим доступу до ресурсу: [http://mini-kotly.com.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=91](http://mini-kotly.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=91)

27. Мобільні бурові установки [електронний ресурс]: Мобільний бур BAUER BG 12 V – Режим доступу до ресурсу: <https://autoline.com.ua/-/prodazha/burovye-ustanovki/BAUER-BG-12-V-drilling-rig--20121015331424841100>

28. Каталог регулювальних клапанів [електронний ресурс]: Регулювальні клапани систем опалення фірми Danfoss. – Режим доступу до ресурсу: [http://ru.heating.danfoss.com/xxTypex/106703\\_MNU17416419\\_SIT130.html](http://ru.heating.danfoss.com/xxTypex/106703_MNU17416419_SIT130.html)

29. Каталог розподільчих гребінок [електронний ресурс]: Розподільчі гребінки систем опалення фірми Danfoss. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.danfoss.com/uk-ua/products/floor-heating-ice-and-snow-melting/dhs/hydronic-underfloor-heating/manifolds-and-actuators/>

30. Тихомиров К. А. Горячее водоснабжение жилого микрорайона : учеб. пособие / К. А. Тихомиров. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2007. – 140 с.

31. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування, Частина ІІ. Будівництво: ДБН В.2.5-64:2012. – [Чинний від 2013-03-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2013. – 113 с. – (Державні будівельні норми).

32. Пономарчук А. Ф. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Опалення» / А. Ф. Пономарчук, І. Ф. Пономарчук, О. Б. Волошин – Вінниця : ВНТУ, 2005 – 36 с.

33. Ратушняк Г. С. Практикум з будівельної теплофізики. Навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова – Вінниця : ВДТУ, 1998 – 86 с.

34. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 16. Трубопроводи внутрішні: ДБН Д.2.2-16-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2000. – 67 с. – (Державні будівельні норми).

35. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 18. Опалення: ДБН Д.2.2-18-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2000. – 28 с. – (Державні будівельні норми).

36. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 17. Водопровід і каналізація – внутрішні пристрої: ДБН Д.2.2-17-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2000. – 11 с. – (Державні будівельні норми).

37. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 26. Теплоізоляційні роботи: ДБН Д.2.2-26-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Держбуд України, 2000. – 50 с. – (Державні будівельні норми).

38. Каталог автомобілів та запчастин [електронний ресурс]: характеристики будівельних машин – Режим доступу до ресурсу: <http://interdalnoboy.com/gruzoviki>

39. Каталог будівельних машин та інструментів [Електронний ресурс]: характеристики будівельних кранів – Режим доступу до ресурсу: <http://www.teh-prom.com/products/avtokran/crawler>

40. Каталог будівельних машин та інструментів [Електронний ресурс]: характеристики перфораторів – Режим доступу до ресурсу: <http://makita.technoportal.ua/perforator/makita-hr3200c.html>

41. Каталог будівельних машин та механізмів [електронний ресурс]: характеристики гідравлічного підйомника – Режим доступу до ресурсу: <http://avtomen.infocompany.biz>

42. Каталог будівельних машин та інструментів [електронний ресурс]: характеристики зварювального агрегату – Режим доступу до ресурсу: <https://storgom.ua/product/paiialnik-dlia-plastikovyh-trub-odwerk-bsg-73.html>

43. Каталог будівельних машин та інструментів [електронний ресурс]: характеристики опресувального агрегату – Режим доступу до ресурсу: <http://www.kpsk.ru/pages/gidrav103.html>

44. Ратушняк Г. С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції. Навч. посібник / Г. С. Ратушняк , Г. С. Попова . – Вінниця : ВДТУ, 2001. –122 ст.

45. Характеристики холодильних агентів [електронний ресурс]: холодоагент (фреон). – Режим доступу до ресурсу: <https://sanmei.kiev.ua>

46. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний від 2007-04-01]. – К. : Укрархбудінформ, 2006. – 36 с. – (Державні будівельні норми).

47. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28-2006. – [Чинний від 2006-05-15]. – К. : Укрархбудінформ, 2006. – 78 с. – (Державні будівельні норми).

48. Санітарні норми виробничого шуму, інфразвуку та ультразвуку: ДСН 3.3.6-037-99. – [Чинний від 2009-01-01]. – К. : МОЗ України, 1999. – 28 с. –

(Державні санітарні норми).

49. Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації: ДСН 3.3.6-037-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К. : МОЗ України, 1999. – 48 с. – (Державні санітарні норми).

50. Деталі з'єднувальні для водопроводів із поліетиленових труб. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-178:2009. – [Чинний від 2009-01-22]. – К. : Укрархбудінформ, 2009. – 54 с. – (Держстандарт України).

51. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах: Навчальний посібник. / В. Ф. Сакевич, М. А. Томчук – 2-ге вид. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 141 с.

52. Сакевич В. Ф. Цивільна оборона. Теоретичні основи: Навчальний посібник. / В. Ф. Сакевич, О. В. Поліщук – Вінниця : ВНТУ, 2000. – 126 с.

53. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 141 с.

54. Демиденко Г. П. Захист об'єктів народного господарства від зброї масового ураження / Г. П. Демиденко – Київ : Вища школа, 1996. – 336 с.

55. Правила визначення вартості будівництва: ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. – [Чинний від 2014-01-01]. – К. : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2013. – 88 с. – (Державний стандарт України).

56. Джеджула В. В. Забезпечення ефективного мікроклімату при реконструкції історичних будівель закладів культури // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2020 – №1 – С. 93-99.

57. Джеджула В. В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління : моногр. / В. В. Джеджула. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 346 с.

58. Джеджула В. В. Особливості налаштування вентиляційних систем на проектну витрату повітря / В. В. Джеджула // Будівельні конструкції. – 2018. – № 1. – С. 100-105.

Додаток А – Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Завідувач кафедри БМГА,  
проф. \_\_\_\_\_ Г.С. Ратушняк

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
НА НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ  
«АЛЬТЕРНАТИВНЕ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ ВЕЛИКОЇ  
ПОВЕРХОВСТІ»**

ПОГОДЖЕНО  
Керівник МКР,  
д.е.н., проф. \_\_\_\_\_ В.В. Джеджула  
Відповідальний виконавець,  
магістрант \_\_\_\_\_ В.Т. Радецький

Вінниця 2020

## 1. Підстава для виконання роботи

Робота проводиться на підставі наказу ВНТУ від 28. 09 2017 року № 267

Дата початку роботи - 01.09.2017 р.

Дата закінчення роботи - 28.12.2017 р.

Мета і призначення НДР

*Актуальність теми.* На сьогодні житлово-комунальне господарство України все ще зазнає числені збитки за рахунок втрати експлуатаційної ефективності існуючих теплових мереж. Майже дві третини усіх житлових споруд побудовано до 70-х років минулого століття, що за сучасними нормами та при сучасних технологіях вважаються морально застарілими та неефективними. Більше ніж третина житлових будинків потребує реконструкції, капітального ремонту або модернізації. Проектування нових будівель з урахуванням більш економічно вигідного забезпечення теплового режиму приміщень, та реконструкція уже існуючих будівель та їх модернізація є досить пріоритетними задачами по досягненню раціоналізації використання енергетичних ресурсів житлово-комунальним господарством в Україні. Сучасні будівельні технології дозволяють споруджувати об'єкти, які максимально ефективно виконують своє функціональне призначення за найменшої вартості їх обслуговування. Такі об'єкти, звісно, потребують великих затрат на їх зведення, але короткий термін окупності, надійність та ефективність здатні повністю виправдати початкову вартість.

*Мета дослідження.* Метою роботи є оцінка та розрахунок існуючих способів теплопостачання, аналіз систем альтернативного теплопостачання, створення нової схеми теплопостачання, яка об'єднує в собі високу ефективність, надійність та, водночас, економічну доцільність.

*Задачі дослідження:*

- виконати аналітичний огляд відомих рішень теплопостачання традиційними, альтернативними та комбінованими джерелами, обрати найдоцільніший варіант для його подальшого удосконалення;
- проаналізувати особливості роботи теплового насоса в бівалентному режимі, та розробити концептуальну схему системи опалення;
- запропонувати технологію улаштування геотермальної системи опалення для багатоквартирного будинку.

*Об'єкт дослідження* – геотермальний тепловий насос, що забезпечує теплопостачання, використовуючи низькопотенціальне джерело енергії.

*Предмет дослідження* – параметри роботи теплового насоса в різні пори року та методи оптимізації його роботи при найменших затратах.

*Узагальнений науковий результат* – проєктні рішення влаштування системи опалення на базі бівалентних теплових насосів.

*Узагальнений практичний результат* – визначення економічного ефекту від реалізації даної схеми системи опалення.

## **2. Вихідні дані для проведення НДР**

Науково-дослідна робота проводилась вперше.

Передбачається дослідження експериментальних робіт, технологічних варіантів теплопостачання за допомогою низькопотенціальних джерел енергії.

Під час проведення НДР були використані матеріали таких публікацій:

1. Сравнительный анализ экономической эффективности отопления с применением тепловых насосов / ВЦП. – N Я–11892 – Б.г. з – 21 с.: ил. Пер. ст. Klosa F. Wärmepumpenheizungen. из журн.: ТАВ Technik am bau. – 1988. – N 6. – P.461-465.

2. Рейд Д. Тепловые насосы / Д. Рейд, Д. Макмайл – Пер. с англ. – М. : Энергоиздат, 1982. – 224 с.

3. Лобаев Б. Використання геотермальних вод // Б. Лобаєв, В. Березовський, О. Скаленко – Сіл. буд-во. – 1972. – № 10. С. 15-16.

4. Денисенко Г. И. Возобновляемые источники энергии / Г. И. Денисенко – К. : Вища школа, 1983.

5. Усаковский В. М. Возобновляющиеся источники энергии / В. М. Усаковский – М. : Россельхозиздат, 1986.

6. Кобыльченко В.В. Теплонасонные установки. Режимы работы тепловых насосів [електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/26357/1/Kobylchenko\\_Teplonasosna\\_ustanovka.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/26357/1/Kobylchenko_Teplonasosna_ustanovka.pdf)

7. Науково-дослідна робота на тему «Бівалентна теплонасонна установка для опалення виробничого приміщення» [електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2018/03/%D0%A2%D0%9D%D0%A3.pdf>

8. Деякі системи генерації тепла [електронний ресурс]: Класифікація способів генерації теплової енергії. – Режим доступу до ресурсу: [http://mini-kotly.com.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=91](http://mini-kotly.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=91)



9. С.А. Коваль. Особливості застосування теплових насосів для опалення будинку [електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://www.hvacref.ru/articles/HT\\_Heat% 20pumps.pdf](http://www.hvacref.ru/articles/HT_Heat%20pumps.pdf)

10. «Керівництво по застосуванню теплових насосів з використанням вторинних енергетичних ресурсів нетрадиційних відновлюваних джерел енергії». Затверджена та введена в дію зазначенням Моськомархитектури від 31.01.2001 р. № 8.

11. Кутателадзе С.С. Теплопередача при конденсації і кипінні-Л.: Машгиз ,1953-236с.

12. Розенфельд Л.М. Холодильні машини і апарати / Л.М.Розенфельд, А.Г.Ткачев.-М.: Госторгіздат, 1955р.-651с.

#### **4. Виконавці НДР**

Організація –виконавець – кафедра ІСБ ВНТУ.

Відповідальний виконавець - магістрант Радецький В.Т.

#### **5. Вимоги до виконання НДР**

У процесі виконання НДР слід використовувати програмні комплекси, які реалізують методи числового аналізу, що пройшли сертифікацію.

Вимоги нормативних матеріалів ДБН та ДСТУ до розрахунку інженерних комунікацій повинні бути враховані в процесі теоретичних досліджень.

#### **6. Етапи НДР і терміни її виконання**

Етап	Назва та зміст етапу	Терміни виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчення		
1	Огляд літературних джерел та їх аналіз	01.09.2017	30.09.2017	Визначення ступеню вивченості проблеми	Текст ПЗ МКР
2	Планування чисельного моделювання	3.10.2017	11.10.2017	Таблиця планування чисельного моделювання	

3	Чисельне моделювання	12.10.2017	31.10.2017	Моделювання та розрахунок системи опалення. Теоретичний підбір елементів схеми та ув'язка їх між собою	Текст ПЗ МКР, плакати
4	Аналіз одержаних результатів	01.11.2017	09.12.2017	Оцінка НДС теплопостачання. Виявлення закономірностей. Розроблення тех. послідовності з влаштування системи теплопостачання	Текст ПЗ МКР, плакати

### **7. Очікувані результати та порядок реалізації НДР**

Результати НДР можуть бути використані:

- проектно-конструкторськими організаціями при проектуванні систем теплопостачання багатоквартирних будинків;

### **8. Матеріали, які подаються під час закінчення НДР та її етапів**

Текст пояснювальної записки МКР та ілюстраційний матеріал у вигляді плакатів.

Підготовлені статі і доповіді на науково-технічні конференції.

### **9. Порядок приймання НДР та її етапів**

Подання результатів кожного етапу на розгляд наукового керівника.

Представлення остаточної редакції МКР на розгляд зав. кафедри ІСБ та рецензента.

Захист МКР на засіданні ДЕК.

### **10. Вимоги до розроблення документації**

Звітна документація повинна містити: результати огляду літературних джерел, аналіз одержаних результатів, визначення економічного ефекту від впровадження результатів дослідження.

### **11. Вимоги щодо технічного захисту інформації з обмеженим доступом**

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.

## Додаток Б – Локальний кошторис

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 6-1-1  
на влаштування системи опалення  
9-поверхового будинку в м. Черкаси**

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 2516,149 тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 54,341 тис.люд.-год.  
Кошторисна заробітна плата 1142,701 тис. грн.  
Середній розряд робіт 4,0 розряд

Таблиця (В) – Локальний кошторис на влаштування системи опалення

Складений в поточних цінах станом на "13 грудня" 2020 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	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	С331-46	Перевезення допоміжних матеріалів на відстань 30 км	т	11,5	<u>80,84</u>	<u>80,84</u>	930	-	<u>930</u>	-	-
2	E4-10-3	Роторне буріння свердловин із прямою промивкою установками з дизельним двигуном глибиною буріння до 200 м у грунтах групи 3	100м	60	<u>17257,76</u> 3193,00	<u>13645,42</u> 3679,86	1035466	191580	<u>818725</u> 220792	<u>158,54</u> 204,5277	<u>9512,4</u> 12271,66
3	E16-14-3	Влаштування геотермальних зондів з поліпропіленових труб зовнішнім діаметром 32 мм	100м	60	<u>4638,03</u> 3645,47	<u>399,58</u> 147,99	278282	218728	<u>23975</u> 8879	<u>172,2</u> 9,1445	<u>10332</u> 548,67
4	E46-32-1	Пробивання в бетонних стінах і підлогах борозен площею перерізу до 20 см2	100м	0,5	<u>1208,05</u> 813,37	<u>394,68</u> 117,90	604	407	<u>197</u> 59	<u>39,91</u> 7,26	<u>19,96</u> 3,63

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	E18-1-2	Установлення котлів електричних водогрійних теплопродуктивністю більше 0,06 МВт [0,05 Гкал/год], кількість секцій до 14	шт	2	<u>4043,85</u> 2568,35	<u>482,13</u> 141,05	8088	5137	<u>964</u> 282	<u>116,11</u> 8,3055	<u>232,22</u> 16,61
6	E18-1-2	Установлення теплових насосів водогрійних теплопродуктивністю до 0,06 МВт [0,05 Гкал/год]	шт	4	<u>4043,85</u> 2568,35	<u>482,13</u> 141,05	16175	10273	<u>1929</u> 564	<u>116,11</u> 8,3055	<u>464,44</u> 33,22
7	E17-7-4	Установка баків акумуляційного обігріву місткістю 4000 л. Додається до норми 17-7-3 на кожні 0,1 т при масі понад 1 т до 2 т	10шт	0,3	<u>672,55</u> 459,41	<u>127,64</u> 39,09	202	138	<u>38</u> 12	<u>23,94</u> 2,2183	<u>7,18</u> 0,67
8	E18-10-11	Установлення баків розширювальних круглих і прямокутних місткістю 1,5 м3	шт	2	<u>1595,36</u> 346,19	<u>35,99</u> 10,94	3191	692	<u>72</u> 22	<u>18,04</u> 0,6224	<u>36,08</u> 1,24
9	E16-14-1	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 20 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	9,89	<u>7367,18</u> 5693,88	<u>1027,38</u> 398,95	72861	56312	<u>10161</u> 3946	<u>268,96</u> 24,7574	<u>2660,01</u> 244,85
10	E16-14-2	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 25 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	4,71	<u>5603,70</u> 4478,73	<u>645,80</u> 246,79	26393	21095	<u>3042</u> 1162	<u>211,56</u> 15,2947	<u>996,45</u> 72,04
11	E16-14-3	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 32 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	5,76	<u>4638,03</u> 3645,47	<u>399,58</u> 147,99	26715	20998	<u>2302</u> 852	<u>172,2</u> 9,1445	<u>991,87</u> 52,67
12	E16-14-4	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 40 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	4,2	<u>6101,61</u> 4860,63	<u>480,23</u> 180,34	25627	20415	<u>2017</u> 757	<u>229,6</u> 11,1495	<u>964,32</u> 46,83
13	E18-6-2	Установлення радіаторів сталевих	100кВт	3,46	<u>3270,76</u> 1883,16	<u>408,16</u> 127,21	11317	6516	<u>1412</u> 440	<u>96,92</u> 7,4618	<u>335,34</u> 25,82
14	E16-14-5	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 50 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	2,7	<u>6060,19</u> 4173,67	<u>978,33</u> 382,47	16363	11269	<u>2641</u> 1033	<u>200,08</u> 23,7533	<u>540,22</u> 64,13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	E16-14-7	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 80 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	2,7	<u>7081,01</u> 4789,46	<u>1308,45</u> 507,99	19119	12932	<u>3533</u> 1372	<u>229,6</u> 31,4932	<u>619,92</u> 85,03
16	E16-14-8	Прокладання трубопроводів водопостачання з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 100 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	100м	2,7	<u>6565,00</u> 4229,15	<u>1132,38</u> 436,96	17726	11419	<u>3057</u> 1180	<u>205</u> 27,0649	<u>553,5</u> 73,08
17	E18-15-1	Установлення гребінок пароводорозподільних зі сталевих труб, зовнішній діаметр корпусу 108 мм	шт	45	<u>788,89</u> 234,68	<u>20,34</u> 5,30	35500	10561	<u>915</u> 239	<u>11,25</u> 0,3054	<u>506,25</u> 13,74
18	E16-22-1	Установлення водомірних вузлів, що поставляються на місце монтажу зібраними в блоки, з обвідною лінією діаметром вводу до 100 мм, діаметром водоміру до 40 мм	шт	1	<u>471,43</u> 280,75	<u>38,77</u> 9,65	471	281	<u>39</u> 10	<u>13,94</u> 0,5596	<u>13,94</u> 0,56
19	E18-16-4	Установлення грязьовиків, зовнішній діаметр патрубка до 108 мм	шт	5	<u>2365,56</u> 118,22	<u>50,13</u> 11,38	11828	591	<u>251</u> 57	<u>5,87</u> 0,6687	<u>29,35</u> 3,34
20	E18-17-1	Установлення повітрозбірників зі сталевих труб зовнішнім діаметром до 76 мм	шт	2	<u>140,83</u> 37,55	<u>8,65</u> 2,73	282	75	<u>17</u> 5	<u>1,82</u> 0,1602	<u>3,64</u> 0,32
21	E18-21-5	Установлення фільтрів для очищення води у трубопроводах систем опалення діаметром 65 мм	10шт	0,2	<u>6883,16</u> 366,55	<u>247,37</u> 64,38	1377	73	<u>49</u> 13	<u>18,2</u> 3,8268	<u>3,64</u> 0,77
22	E18-22-2	Установлення манометрів з триходовим краном	комплект	5	<u>11,29</u> 7,74	<u>-</u> -	56	39	<u>-</u> -	<u>0,36</u> -	<u>1,8</u> -
23	E16-29-2	Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення, водопроводу і гарячого водопостачання діаметром до 100 мм	100м	32,66	<u>246,49</u> 207,31	<u>4,28</u> 0,24	8050	6771	<u>140</u> 8	<u>8,22</u> 0,015	<u>268,47</u> 0,49
24	E26-6-1	Ізоляція трубопроводів полотном скловолокнистим, товщина ізоляційного шару 40 мм	10м	326,6	<u>415,84</u> 372,72	<u>27,09</u> 8,44	135813	121730	<u>8848</u> 2757	<u>18,72</u> 0,5054	<u>6113,95</u> 165,06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	E46-33-2	Закладення бетоном в залізобетонних перекриттях отворів, гнізд і борозен площею до 0,2 м2	м3	4,2	<u>2208,72</u> 1288,10	<u>36,36</u> 11,33	9277	5410	<u>153</u> 48	<u>73,69</u> 0,6783	<u>309,5</u> 2,85
26	C311-15-M	Перевезення сміття до 15 км	т	2,53	<u>42,34</u> -	<u>42,34</u> 3,65	107	-	<u>107</u> 9	<u>-</u> 0,224	<u>-</u> 0,57
		Разом прямі витрати по кошторису					1761820	733442	<u>885514</u> 244498		<u>35516,45</u> 13727,85
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. <b>Всього будівельні роботи, грн.</b>					1761820 142864 977940 754329 5096,25 164761 <b>2516149</b>				
		----- <b>Всього по кошторису</b>					<b>2516149</b>				
		<b>Кошторисна трудомісткість, люд.год.</b>					<b>54341</b>				
		<b>Кошторисна заробітна плата, грн.</b>					<b>1142701</b>				

Склав

\_\_\_\_\_  
[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Перевірив

\_\_\_\_\_  
[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]



Продовження таблиці 7.1

9	Спальня	Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	95,00	2,10	235,68	373,80	18,00	3,00	782,51	1156,31	x7500 00	1
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	138,11							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
10	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
11	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,00	0,00	0,00	-	-
12	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
13	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
14	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,00	0,00	0,00	-	-
15	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
16	Спальня	Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	95,00	2,05	230,07	362,18	18,00	3,00	782,51	1144,69	x6500 00	1
		Вікно	Захід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	132,11							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
17	Спальня	Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	95,00	2,05	230,07	362,18	18,00	3,00	782,51	1144,69	x6500 00	1
		Вікно	Захід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	132,11							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
18	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
19	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,00	0,00	0,00	-	-
20	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
21	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,00	0,00	0,00	-	-
22	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
23	Спальня	Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	95,00	2,10	235,68	373,80	18,00	3,00	782,51	1156,31	x7500 00	1
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	138,11							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
24	Спальня	Зовнішня стіна	Північ	5,00	3,00	15,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	5,00	95,00	2,15	402,16	793,33	18,00	3,00	782,51	1575,84	x5500 00	2
		Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	5,00	0,00	1,20	134,68							
		Вікно	Північ	1,30	1,50	1,95	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	128,25							
		Вікно	Схід	1,30	1,50	1,95	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	128,25							
		Підлога	-	6,00	3,00	18,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							



Продовження таблиці 7.1

25	Кухня	Зовнішня стіна	Північ	4,00	3,00	12,00	0,29	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	164,08	295,77	14,00	3,00	580,31	876,09	x5500 00	1
		Вікно	Північ	1,40	1,50	2,10	1,33	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	131,69							
		Підлога	-	4,00	3,50	14,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
26	Кухня	Підлога	-	4,50	3,50	15,75	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,75	3,00	0,00	0,00	x4500 00	1
27	Тамбур	Підлога	-	2,00	5,00	10,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	3,00	0,00	0,00	x4500 00	1
28	Кухня	Зовнішня стіна	Північ	4,00	3,00	12,00	0,29	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	164,08	295,77	14,00	3,00	580,31	876,09	x5500 00	1
		Вікно	Північ	1,40	1,50	2,10	1,33	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	131,69							
		Підлога	-	4,00	3,50	14,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
29	Спальня	Зовнішня стіна	Північ	5,00	3,00	15,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	5,00	95,00	2,15	402,16	782,14	18,00	3,00	782,51	1564,66	x5500 00	2
		Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	5,00	5,00	5,00	0,00	1,15	129,06							
		Вікно	Північ	1,30	1,50	1,95	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	128,25							
		Вікно	Захід	1,30	1,50	1,95	1,33	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	122,67							
		Підлога	-	6,00	3,00	18,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
30	Спальня	Зовнішня стіна	Північ	5,00	3,00	15,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	5,00	0,00	1,20	224,46	487,38	18,00	3,00	782,51	1269,90	x7500 00	1
		Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	5,00	0,00	1,20	134,68							
		Вікно	Схід	1,30	1,50	1,95	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	128,25							
		Підлога	-	6,00	3,00	18,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
31	Тамбур	Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	117,71	342,65	15,00	3,00	621,77	964,41	x6500 00	1
		Вікно	Захід	2,50	1,50	3,75	1,33	41,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	224,94							
		Підлога	-	3,00	5,00	15,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
32	Спальня	Зовнішня стіна	Південь	6,00	3,00	18,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	5,00	95,00	2,05	460,14	721,32	18,00	3,00	782,51	1503,83	x8500 00	1
		Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	5,00	5,00	5,00	0,00	1,15	129,06							
		Вікно	Захід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	132,11							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
33	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
34	Спальня	Зовнішня стіна	Південь	4,00	3,00	12,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	5,00	0,00	1,10	164,60	449,01	12,00	3,00	521,68	970,69	x6500 00	1
		Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	10,00	5,00	0,00	1,25	140,29							
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	10,00	10,00	0,00	0,00	1,20	144,12							
		Підлога	-	3,00	4,00	12,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
35	Кухня	Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	117,71	243,68	15,00	3,00	621,77	865,44	x6500 00	1
		Вікно	Захід	1,40	1,50	2,10	1,33	41,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	125,96							
		Підлога	-	3,00	5,00	15,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
36	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,00	0,00	0,00	-	-

Продовження таблиці 7.1

37	Спальня	Зовнішня стіна	Південь	6,00	3,00	18,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	5,00	95,00	2,05	460,14	732,93	18,00	3,00	782,51	1515,45	x8500 00	1
		Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	5,00	0,00	1,20	134,68							
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	138,11							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
38	Спальня	Зовнішня стіна	Південь	6,00	3,00	18,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	5,00	0,00	1,10	246,91	531,31	18,00	3,00	782,51	1313,83	x7500 00	1
		Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	10,00	5,00	0,00	1,25	140,29							
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	10,00	10,00	0,00	0,00	1,20	144,12							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
39	Кухня	Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	95,00	2,10	224,72	356,41	9,00	3,00	373,06	729,47	x4500 00	1
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	131,69							
		Підлога	-	3,00	3,00	9,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
40	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
41	Тамбур	Зовнішня стіна	Захід	1,50	3,00	4,50	0,29	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	95,00	2,05	115,04	115,04	12,00	3,00	521,68	636,71	x5500 00	1
		Підлога	-	1,50	8,00	12,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
42	Кухня	Зовнішня стіна	Північ	1,50	3,00	4,50	0,29	41,00	1,00	10,00	5,00	5,00	95,00	2,15	115,04	355,06	15,00	3,00	621,77	976,83	x6500 00	1
		Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	5,00	5,00	5,00	0,00	1,15	123,06							
		Вікно	Захід	1,30	1,50	1,95	1,33	41,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	116,97							
		Підлога	-	5,00	3,00	15,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
43	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,00	0,00	0,00	-	-
44	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
45	Кухня	Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	95,00	2,10	224,72	356,41	9,00	3,00	373,06	729,47	x4500 00	1
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	131,69							
		Підлога	-	3,00	3,00	9,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
46	Спальня	Зовнішня стіна	Північ	4,00	3,00	12,00	0,29	43,00	1,00	0,00	10,00	5,00	0,00	1,15	172,09	603,72	20,00	3,00	869,46	1473,18	x8500 00	1
		Зовнішня стіна	Захід	5,00	3,00	15,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	5,00	0,00	1,20	224,46							
		Вікно	Захід	2,10	1,50	3,15	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	207,17							
		Підлога	-	5,00	4,00	20,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
47	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-
48	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,00	0,00	0,00	-	-



Продовження таблиці 7.2

6	Прихожа	Зовнішня стіна	Південь	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	0,00	5,00	0,00	95,00	2,00	214,02	237,65	18,00	3,00	746,12	983,76	VK 22	1
		Підлога	-	3,00	3,50	10,50	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						23,63	
7	Кухня	Зовнішня стіна	Південь	4,00	3,00	12,00	0,29	41,00	1,00	0,00	5,00	0,00	95,00	2,00	285,36	424,01	18,00	3,00	746,12	1170,13	VK 22	1
		Вікно	Південь	1,30	1,50	1,95	1,33	41,00	1,00	0,00	5,00	0,00	0,00	1,05	111,65						500x600	
		Підлога	-	4,00	3,00	12,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00							
8	Спальня	Зовнішня стіна	Південь	5,00	3,00	15,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	5,00	95,00	2,05	383,45	809,37	18,00	3,00	782,51	1591,89	x55000	2
		Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	5,00	0,00	1,20	134,68							
		Вікно	Південь	1,30	1,50	1,95	1,33	43,00	1,00	0,00	5,00	0,00	0,00	1,05	117,10							
		Вікно	Схід	1,30	1,50	1,95	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	128,25							
		Підлога	-	6,00	3,00	18,00	0,20	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,90							
9	Спальня	Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	95,00	2,10	235,68	419,70	18,00	3,00	782,51	1202,21	x75000	1
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	138,11							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,90							
10	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	18,00	3,00	272,97	281,97	-	-
11	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	4,50	18,00	3,00	272,97	277,47	-	-
12	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	18,00	3,00	272,97	281,97	-	-
13	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	18,00	3,00	272,97	281,97	-	-
14	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	4,50	18,00	3,00	272,97	277,47	-	-
15	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	18,00	3,00	272,97	281,97	-	-
16	Спальня	Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	95,00	2,05	230,07	408,08	18,00	3,00	782,51	1190,59	x75000	1
		Вікно	Захід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	132,11							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,90							
17	Спальня	Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	95,00	2,05	230,07	408,08	18,00	3,00	782,51	1190,59	x75000	1
		Вікно	Захід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	132,11							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,90							
18	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	18,00	3,00	272,97	281,97	-	-
19	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	4,50	18,00	3,00	272,97	277,47	-	-
20	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	18,00	3,00	272,97	281,97	-	-
21	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	4,50	18,00	3,00	272,97	277,47	-	-



Продовження таблиці 7.2

33	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	18,00	3,00	272,97	281,97	-	-
34	Спальня	Зовнішня стіна	Південь	4,00	3,00	12,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	5,00	0,00	1,10	164,60	479,61	18,00	3,00	782,51	1262,12	x7500 00	1
		Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	10,00	5,00	0,00	1,25	140,29							
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	10,00	10,00	0,00	0,00	1,20	144,12							
		Підлога	-	3,00	4,00	12,00	0,20	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,60							
35	Кухня	Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	117,71	277,43	18,00	3,00	746,12	1023,54	x6500 00	1
		Вікно	Захід	1,40	1,50	2,10	1,33	41,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	125,96							
		Підлога	-	3,00	5,00	15,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,75							
36	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	4,50	18,00	3,00	272,97	277,47	-	-
37	Спальня	Зовнішня стіна	Південь	6,00	3,00	18,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	5,00	95,00	2,05	460,14	778,83	18,00	3,00	782,51	1561,35	x9500 00	1
		Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	5,00	0,00	1,20	134,68							
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	138,11							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,90							
38	Спальня	Зовнішня стіна	Південь	6,00	3,00	18,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	5,00	0,00	1,10	246,91	577,21	18,00	3,00	782,51	1359,73	x7500 00	1
		Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	10,00	5,00	0,00	1,25	140,29							
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	10,00	10,00	0,00	0,00	1,20	144,12							
		Підлога	-	3,00	6,00	18,00	0,20	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,90							
39	Кухня	Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	95,00	2,10	224,72	376,66	18,00	3,00	746,12	1122,78	x6500 00	1
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	131,69							
		Підлога	-	3,00	3,00	9,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,25							
40	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	18,00	3,00	272,97	281,97	-	-
41	Тамбур	Зовнішня стіна	Захід	1,50	3,00	4,50	0,29	43,00	1,00	5,00	5,00	0,00	95,00	2,05	115,04	145,64	18,00	3,00	782,51	928,15	x5500 00	1
		Підлога	-	1,50	8,00	12,00	0,20	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,60							
42	Кухня	Зовнішня стіна	Північ	1,50	3,00	4,50	0,29	41,00	1,00	10,00	5,00	5,00	95,00	2,15	115,04	388,81	18,00	3,00	746,12	1134,93	x6500 00	1
		Зовнішня стіна	Захід	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	5,00	5,00	5,00	0,00	1,15	123,06							
		Вікно	Захід	1,30	1,50	1,95	1,33	41,00	1,00	5,00	5,00	0,00	0,00	1,10	116,97							
		Підлога	-	5,00	3,00	15,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,75							
43	Санвузол	Підлога	-	2,00	1,00	2,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	4,50	18,00	3,00	272,97	277,47	-	-
44	Санвузол	Підлога	-	2,00	2,00	4,00	0,20	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	18,00	3,00	272,97	281,97	-	-



Продовження таблиці 7.3

2	Кухня	Зовнішня стіна	Південь	4,00	3,00	12,00	0,29	41,00	1,00	0,00	5,00	0,00	95,00	2,00	285,36	421,31	12,00	3,00	497,41	918,72	x6500 00	1
		Вікно	Південь	1,30	1,50	1,95	1,33	41,00	1,00	0,00	5,00	0,00	0,00	1,05	111,65							
		Стеля	-	4,00	3,00	12,00	0,18	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,30							
3	Прихожа	Зовнішня стіна	Південь	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	0,00	5,00	0,00	95,00	2,00	214,02	235,28	10,50	3,00	435,24	670,52	x4500 00	1
		Підлога	-	3,00	3,50	10,50	0,18	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,26							
4	Офісне приміщення	Зовнішня стіна	Південь	4,00	3,00	12,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	0,00	95,00	2,00	299,28	462,45	24,00	3,00	1043,35	1505,80	x8500 00	1
		Вікно	Південь	1,20	1,50	1,80	1,33	43,00	1,00	0,00	5,00	0,00	0,00	1,05	108,09							
		Стеля	-	4,00	6,00	24,00	0,18	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,08							
5	Офісне приміщення	Зовнішня стіна	Південь	4,00	3,00	12,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	0,00	95,00	2,00	299,28	462,45	24,00	3,00	1043,35	1505,80	x8500 00	1
		Вікно	Південь	1,20	1,50	1,80	1,33	43,00	1,00	0,00	5,00	0,00	0,00	1,05	108,09							
		Стеля	-	4,00	6,00	24,00	0,18	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,08							
6	Прихожа	Зовнішня стіна	Південь	3,00	3,00	9,00	0,29	41,00	1,00	0,00	5,00	0,00	95,00	2,00	214,02	235,28	10,50	3,00	435,24	670,52	x4500 00	1
		Підлога	-	3,00	3,50	10,50	0,18	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,26							
7	Кухня	Зовнішня стіна	Південь	4,00	3,00	12,00	0,29	41,00	1,00	0,00	5,00	0,00	95,00	2,00	285,36	421,31	12,00	3,00	497,41	918,72	x5500 00	1
		Вікно	Південь	1,30	1,50	1,95	1,33	41,00	1,00	0,00	5,00	0,00	0,00	1,05	111,65							
		Стеля	-	4,00	3,00	12,00	0,18	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,30							
8	Спальня	Зовнішня стіна	Південь	5,00	3,00	15,00	0,29	43,00	1,00	0,00	5,00	5,00	95,00	2,05	383,45	804,78	18,00	3,00	782,51	1587,30	x5500 00	2
		Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	5,00	0,00	1,20	134,68							
		Вікно	Південь	1,30	1,50	1,95	1,33	43,00	1,00	0,00	5,00	0,00	0,00	1,05	117,10							
		Вікно	Схід	1,30	1,50	1,95	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	128,25							
		Стеля	-	6,00	3,00	18,00	0,18	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,31							
9	Спальня	Зовнішня стіна	Схід	3,00	3,00	9,00	0,29	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	95,00	2,10	235,68	415,11	18,00	3,00	782,51	1197,62	x7500 00	1
		Вікно	Схід	1,40	1,50	2,10	1,33	43,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	138,11							
		Стеля	-	3,00	6,00	18,00	0,18	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,31							
10	Санвузол	Стеля	-	2,00	2,00	4,00	0,18	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,10	8,10	4,00	3,00	60,66	68,76	-	-
11	Санвузол	Стеля	-	2,00	1,00	2,00	0,18	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,05	4,05	2,00	3,00	30,33	34,38	-	-
12	Санвузол	Стеля	-	2,00	2,00	4,00	0,18	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,10	8,10	4,00	3,00	60,66	68,76	-	-
13	Санвузол	Стеля	-	2,00	2,00	4,00	0,18	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,10	8,10	4,00	3,00	60,66	68,76	-	-
14	Санвузол	Стеля	-	2,00	1,00	2,00	0,18	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,05	4,05	2,00	3,00	30,33	34,38	-	-
15	Санвузол	Стеля	-	2,00	2,00	4,00	0,18	15,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,10	8,10	4,00	3,00	60,66	68,76	-	-









Таблиця 7.4 – Розрахунок теплових втрат сходової клітки

А	Сходи	Зовнішня стіна	Північ	5,00	27,00	135,00	0,29	41,00	1,00	10,00	5,00	0,00	0,00	1,15	1845,92	1906,49	12,50	3,00	518,14	2424,62	VK 11 300x4 00	9
		Підлога	-	5,00	2,50	12,50	0,20	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,88							
		Стеля	-	5,00	2,50	12,50	0,18	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,69							
Б	Сходи	Підлога	-	5,00	2,50	12,50	0,20	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	31,88	60,56	12,50	3,00	214,84	275,40	VK 11 300x4 00	9	
		Стеля	-	5,00	2,50	12,50	0,18	17,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	28,69								

Додаток Г – Гідравлічний розрахунок

Таблиця 7.4 - Гідравлічний розрахунок трубопроводів першого поверху

№	Теплове навант. Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, м	V, м/с	Re	$\lambda$	$\Sigma\xi$	P, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1338	57,534	4,8	0,02	0,4	20000	0,0487	4,5	1262,319
2	2294	98,642	2,8	0,02	0,4	20000	0,0487	3	765,597
3	3250	139,75	6	0,02	0,4	20000	0,0487	1,5	1256,208
4	4397	189,07	10	0,032	0,4	32000	0,0433	4,5	1406,075
5	1338	57,534	4,8	0,02	0,4	20000	0,0487	4,5	1262,319
6	2294	98,642	2,8	0,02	0,4	20000	0,0487	3	765,597
7	3250	139,75	6	0,025	0,4	25000	0,0461	1,5	978,912
8	4397	189,07	10	0,032	0,4	32000	0,0433	4,5	1406,075
9	1338	57,534	7,7	0,02	0,4	20000	0,0487	9	2163,881
10	2102	90,386	9,2	0,02	0,4	20000	0,0487	12	2682,646
11	1338	57,534	2,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	747,628
12	2485	106,86	9,3	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	2038,755
13	1338	57,534	2,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	747,628
14	2485	106,86	14,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	3026,087
15	1338	57,534	3,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	937,500
16	2485	106,86	8,5	0,02	0,4	20000	0,0487	5	2003,836
17	1338	57,534	2,8	0,02	0,4	20000	0,0487	1,5	648,619
18	3058	131,49	8	0,025	0,4	25000	0,0461	4	1461,187
19	1720	73,96	4,8	0,02	0,4	20000	0,0487	4,5	1262,319
20	2867	123,28	11	0,025	0,4	25000	0,0461	13	2594,024
21	5925	254,78	1,2	0,032	0,4	32000	0,0433	2	282,588
22	1338	57,534	8,9	0,02	0,4	20000	0,0487	6	2157,770
23	2676	115,07	4,7	0,025	0,4	25000	0,0461	1,5	792,159
24	3823	164,39	9	0,025	0,4	25000	0,0461	7,5	1877,792
25	1338	57,534	8,9	0,02	0,4	20000	0,0487	6	2157,770
26	2867	123,28	6	0,025	0,4	25000	0,0461	4,5	1212,868
27	4014	172,6	9	0,032	0,4	32000	0,0433	7,5	1534,518

Продовження таблиці 7.4

28	1147	49,321	6	0,02	0,4	20000	0,0487	1,5	1256,208
29	2103	90,429	3	0,02	0,4	20000	0,0487	3	803,571
30	3059	131,54	4,5	0,025	0,4	25000	0,0461	4,5	997,385
31	4397	189,07	14,5	0,032	0,4	32000	0,0433	9	2231,823
32	1147	49,321	6	0,02	0,4	20000	0,0487	1,5	1256,208
33	2103	90,429	3	0,02	0,4	20000	0,0487	3	803,571
34	3059	131,54	4,5	0,025	0,4	25000	0,0461	4,5	997,385
35	4397	189,07	14,5	0,032	0,4	32000	0,0433	9	2231,823
									50010,652

Таблиця 7.5 - Гідравлічний розрахунок трубопроводів типового поверху

№	Теплове навант. Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, м	V, м/с	Re	$\lambda$	$\Sigma\xi$	P, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1147	49,321	4,8	0,02	0,4	20000	0,0487	4,5	1262,319
2	2103	90,429	2,8	0,02	0,4	20000	0,0487	3	765,597
3	3059	131,54	6	0,025	0,4	25000	0,0461	1,5	978,912
4	4015	172,65	10	0,032	0,4	32000	0,0433	4,5	1406,075
5	1147	49,321	4,8	0,02	0,4	20000	0,0487	4,5	1262,319
6	2103	90,429	2,8	0,02	0,4	20000	0,0487	3	765,597
7	3059	131,54	6	0,025	0,4	25000	0,0461	1,5	978,912
8	4015	172,65	10	0,032	0,4	32000	0,0433	4,5	1406,075
9	1338	57,534	7,7	0,02	0,4	20000	0,0487	9	2163,881
10	2102	90,386	9,2	0,02	0,4	20000	0,0487	12	2682,646
11	1529	65,747	2,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	747,628
12	2293	98,599	9,3	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	2038,755
13	1529	65,747	2,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	747,628
14	2293	98,599	14,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	3026,087
15	1338	57,534	3,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	937,500
16	2102	90,386	8,5	0,02	0,4	20000	0,0487	5	2003,836
17	1147	49,321	2,8	0,02	0,4	20000	0,0487	1,5	648,619
18	2676	115,07	8	0,025	0,4	25000	0,0461	4	1461,187

Продовження таблиці 7.5

19	1529	65,747	4,8	0,02	0,4	20000	0,0487	4,5	1262,319
20	2676	115,07	11	0,025	0,4	25000	0,0461	13	2594,024
21	5352	230,14	1,2	0,032	0,4	32000	0,0433	2	282,588
22	1338	57,534	8,9	0,02	0,4	20000	0,0487	6	2157,770
23	2676	115,07	4,7	0,025	0,4	25000	0,0461	1,5	792,159
24	3440	147,92	9	0,025	0,4	25000	0,0461	7,5	1877,792
25	1338	57,534	8,9	0,02	0,4	20000	0,0487	6	2157,770
26	2867	123,28	6	0,025	0,4	25000	0,0461	4,5	1212,868
27	4014	172,6	9	0,032	0,4	32000	0,0433	7,5	1534,518
28	956	41,108	6	0,02	0,4	20000	0,0487	1,5	1256,208
29	1912	82,216	3	0,02	0,4	20000	0,0487	3	803,571
30	2868	123,32	4,5	0,025	0,4	25000	0,0461	4,5	997,385
31	4206	180,86	14,5	0,032	0,4	32000	0,0433	9	2231,823
32	956	41,108	6	0,02	0,4	20000	0,0487	1,5	1256,208
33	1912	82,216	3	0,02	0,4	20000	0,0487	3	803,571
34	2868	123,32	4,5	0,025	0,4	25000	0,0461	4,5	997,385
35	4206	180,86	14,5	0,032	0,4	32000	0,0433	9	2231,823
									49733,356

Таблиця 7.6 - Гідравлічний розрахунок трубопроводів дев'ятого поверху

№	Теплове навант. Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, м	V, м/с	Re	$\lambda$	$\Sigma\xi$	P, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1338	57,534	4,8	0,02	0,4	20000	0,0487	4,5	1262,319
2	2294	98,642	2,8	0,02	0,4	20000	0,0487	3	765,597
3	3250	139,75	6	0,025	0,4	25000	0,0461	1,5	978,912
4	4397	189,07	10	0,032	0,4	32000	0,0433	4,5	1406,075
5	1338	57,534	4,8	0,02	0,4	20000	0,0487	4,5	1262,319
6	2294	98,642	2,8	0,02	0,4	20000	0,0487	3	765,597
7	3250	139,75	6	0,025	0,4	25000	0,0461	1,5	978,912
8	4206	180,86	10	0,032	0,4	32000	0,0433	4,5	1406,075

## Продовження таблиці 7.6

9	1338	57,534	7,7	0,02	0,4	20000	0,0487	9	2163,881
10	2102	90,386	9,2	0,02	0,4	20000	0,0487	12	2682,646
11	1529	65,747	2,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	747,628
12	2293	98,599	9,3	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	2038,755
13	1529	65,747	2,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	747,628
14	2293	98,599	14,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	3026,087
15	1529	65,747	3,5	0,02	0,4	20000	0,0487	3,5	937,500
16	2293	98,599	8,5	0,02	0,4	20000	0,0487	5	2003,836
17	1147	49,321	2,8	0,02	0,4	20000	0,0487	1,5	648,619
18	2867	123,28	8	0,025	0,4	25000	0,0461	4	1461,187
19	1720	73,96	4,8	0,02	0,4	20000	0,0487	4,5	1262,319
20	2676	115,07	11	0,025	0,4	25000	0,0461	13	2594,024
21	5543	238,35	1,2	0,032	0,4	32000	0,0433	2	282,588
22	1338	57,534	8,9	0,02	0,4	20000	0,0487	6	2157,770
23	2676	115,07	4,7	0,025	0,4	25000	0,0461	1,5	792,159
24	3440	147,92	9	0,025	0,4	25000	0,0461	7,5	1877,792
25	1338	57,534	8,9	0,02	0,4	20000	0,0487	6	2157,770
26	2867	123,28	6	0,025	0,4	25000	0,0461	4,5	1212,868
27	4014	172,6	9	0,032	0,4	32000	0,0433	7,5	1534,518
28	956	41,108	6	0,02	0,4	20000	0,0487	1,5	1256,208
29	1912	82,216	3	0,02	0,4	20000	0,0487	3	803,571
30	2868	123,32	4,5	0,025	0,4	25000	0,0461	4,5	997,385
31	4206	180,86	14,5	0,032	0,4	32000	0,0433	9	2231,823
32	956	41,108	6	0,02	0,4	20000	0,0487	1,5	1256,208
33	1912	82,216	3	0,02	0,4	20000	0,0487	3	803,571
34	2868	123,32	4,5	0,025	0,4	25000	0,0461	4,5	997,385
35	4206	180,86	14,5	0,032	0,4	32000	0,0433	9	2231,823
									49733,356



Таблиця 7.7 Гідравлічний розрахунок трубопроводів по стояках

№	Теплове навант. Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, м	V, м/с	Re	$\lambda$	$\Sigma\xi$	P, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
36	7454	320,52	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
37	14908	641,04	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
38	22362	961,57	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
39	29816	1282,1	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
40	37270	1602,6	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
41	44724	1923,1	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
42	52178	2243,7	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
43	59632	2564,2	3	0,07	0,4	70000	0,0356	2,5	313,950
44	67469	2901,2	3	0,07	0,4	70000	0,0356	2,5	313,950
45	7836	336,95	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
46	15290	657,47	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
47	22744	977,99	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
48	30198	1298,5	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
49	37652	1619	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
50	45106	1939,6	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
51	52560	2260,1	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
52	60014	2580,6	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
53	68424	2942,2	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
54	6688	287,58	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
55	13376	575,17	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
56	20064	862,75	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
57	26752	1150,3	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
58	33440	1437,9	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
59	40128	1725,5	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
60	46816	2013,1	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
61	53504	2300,7	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
62	60576	2604,8	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
63	8603	369,93	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
64	16633	715,22	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457

Продовження таблиці 7.7

65	24663	1060,5	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
66	32693	1405,8	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
67	40723	1751,1	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
68	48753	2096,4	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
69	56783	2441,7	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
70	64813	2787	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
71	73607	3165,1	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
72	8412	361,72	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
73	16824	723,43	3	0,04	0,4	40000	0,0409	2,5	434,457
74	25236	1085,1	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
75	33648	1446,9	3	0,05	0,4	50000	0,0387	2,5	376,163
76	42060	1808,6	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
77	50472	2170,3	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
78	58884	2532	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
79	67296	2893,7	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
80	76090	3271,9	3	0,08	0,4	80000	0,0344	2,5	295,659
									16594,687

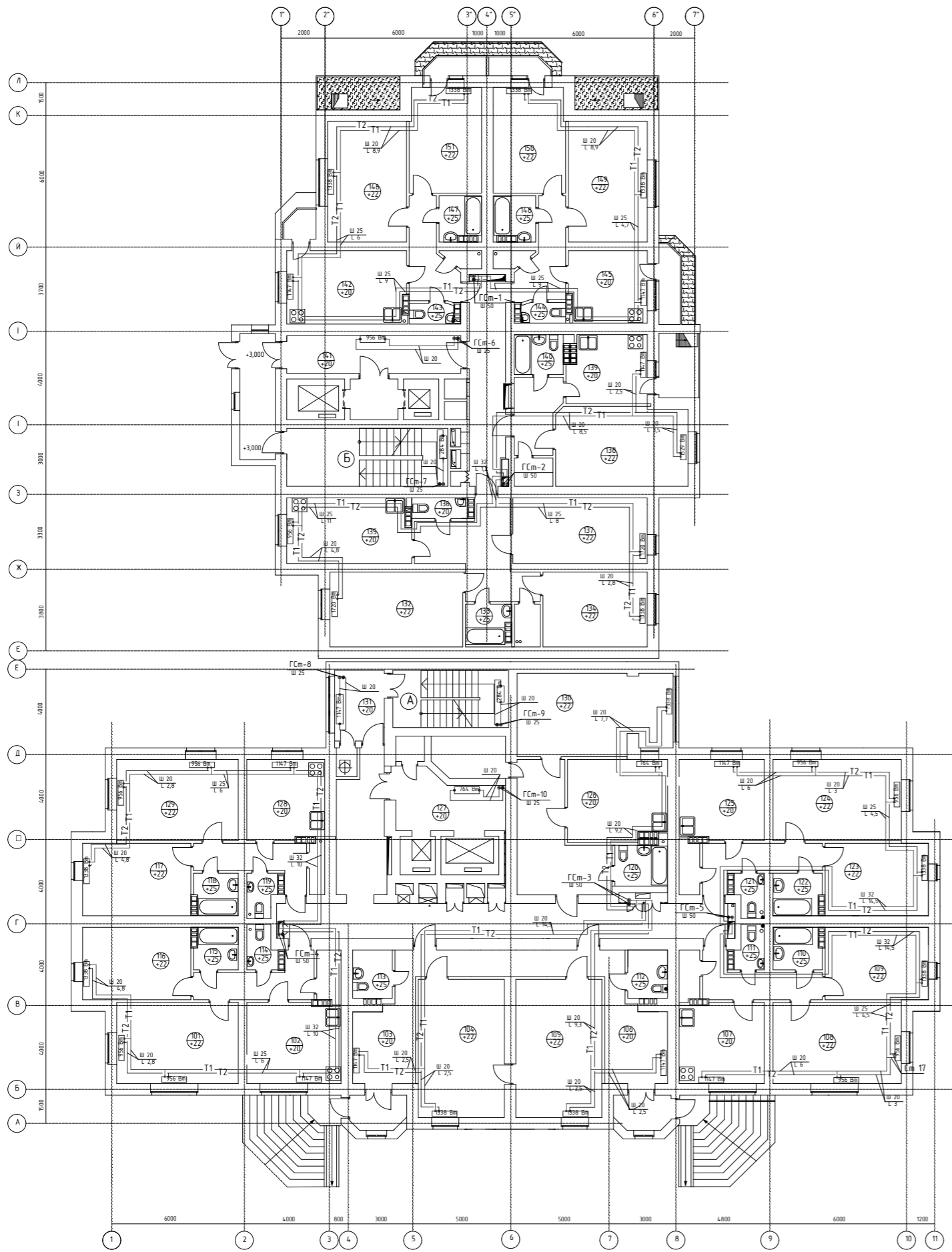
Таблиця 7.8 Гідравлічний розрахунок трубопроводів по стояках (сходові клітини)

№	Теплове навант. Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, м	V, м/с	Re	$\lambda$	$\Sigma\xi$	P, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
81	956	41,108	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
82	1912	82,216	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
83	2868	123,32	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
84	3824	164,43	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
85	4780	205,54	3	0,025	0,1	6250	0,0488	2,5	81,509
86	5736	246,65	3	0,032	0,1	8000	0,0459	2,5	66,338
87	6692	287,76	3	0,032	0,1	8000	0,0459	2,5	66,338
88	7648	328,86	3	0,032	0,1	8000	0,0459	2,5	66,338
89	8604	369,97	3	0,04	0,1	10000	0,0434	2,5	56,123

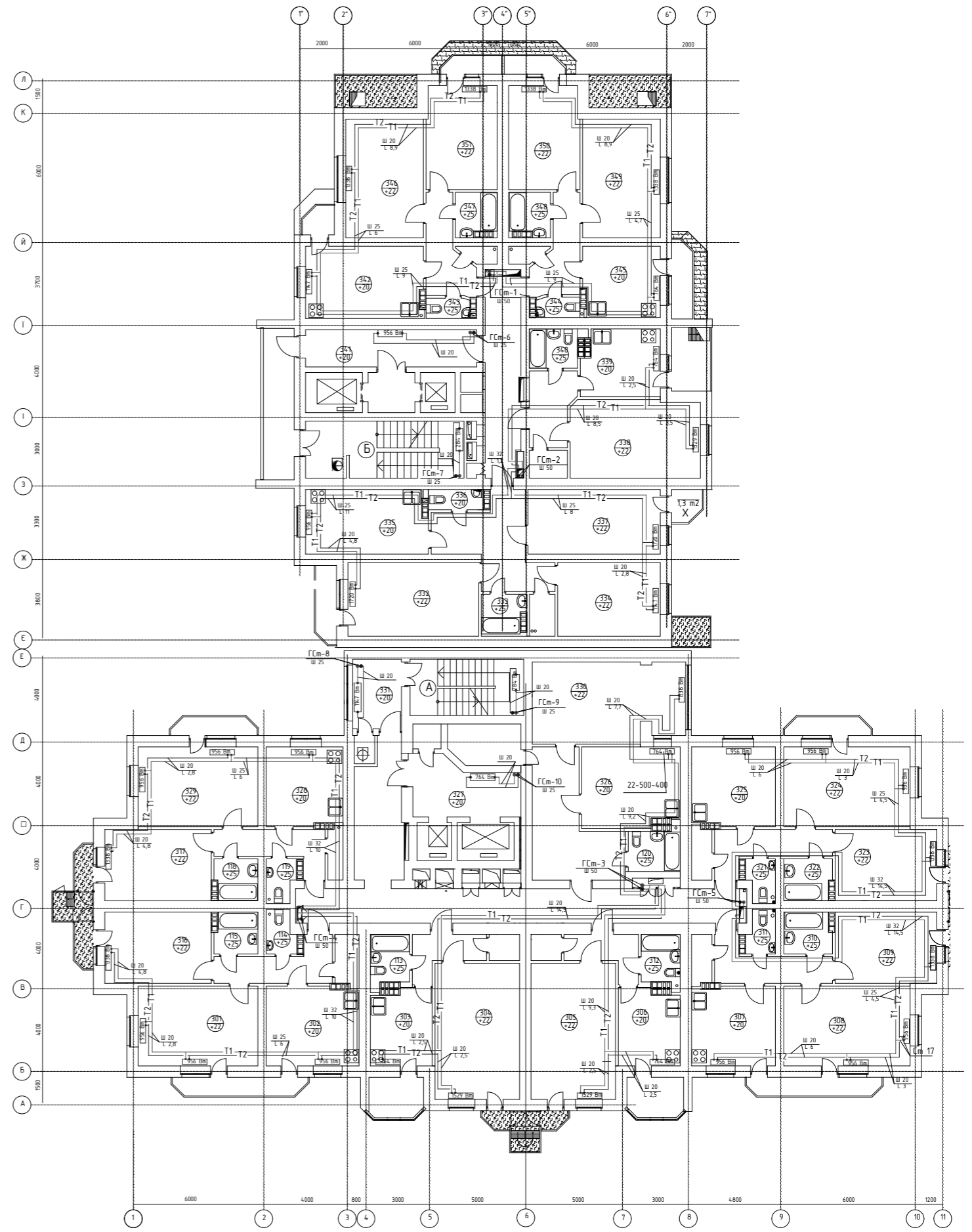
## Продовження таблиці 7.8

90	284	12,212	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
91	568	24,424	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
92	852	36,636	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
93	1136	48,848	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
94	1420	61,06	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
95	1704	73,272	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
96	1988	85,484	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
97	2272	97,696	3	0,025	0,1	6250	0,0488	2,5	81,509
98	2556	109,91	3	0,025	0,1	6250	0,0488	2,5	81,509
99	1147	49,321	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
100	2294	98,642	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
101	3441	147,96	3	0,025	0,1	6250	0,0488	2,5	81,509
102	4588	197,28	3	0,025	0,1	6250	0,0488	2,5	81,509
103	5735	246,61	3	0,032	0,1	8000	0,0459	2,5	66,338
104	6882	295,93	3	0,032	0,1	8000	0,0459	2,5	66,338
105	8029	345,25	3	0,032	0,1	8000	0,0459	2,5	66,338
106	9176	394,57	3	0,032	0,1	8000	0,0459	2,5	66,338
107	10323	443,89	3	0,04	0,1	10000	0,0434	2,5	56,123
108	284	12,212	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
109	568	24,424	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
110	852	36,636	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
111	1136	48,848	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
112	1420	61,06	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
113	1704	73,272	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
114	1988	85,484	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
115	2272	97,696	3	0,025	0,1	6250	0,0488	2,5	81,509
116	2556	109,91	3	0,025	0,1	6250	0,0488	2,5	81,509
117	764	32,852	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
118	1528	65,704	3	0,02	0,1	5000	0,0516	2,5	99,891
119	2292	98,556	3	0,025	0,1	6250	0,0488	2,5	81,509
120	3056	131,41	3	0,025	0,1	6250	0,0488	2,5	81,509
121	3820	164,26	3	0,025	0,1	6250	0,0488	2,5	81,509
122	4584	197,11	3	0,032	0,1	8000	0,0459	2,5	66,338
123	5348	229,96	3	0,032	0,1	8000	0,0459	2,5	66,338
124	6112	262,82	3	0,032	0,1	8000	0,0459	2,5	66,338
125	6876	295,67	3	0,04	0,1	10000	0,0434	2,5	56,123

План системи опалення першого поверху .

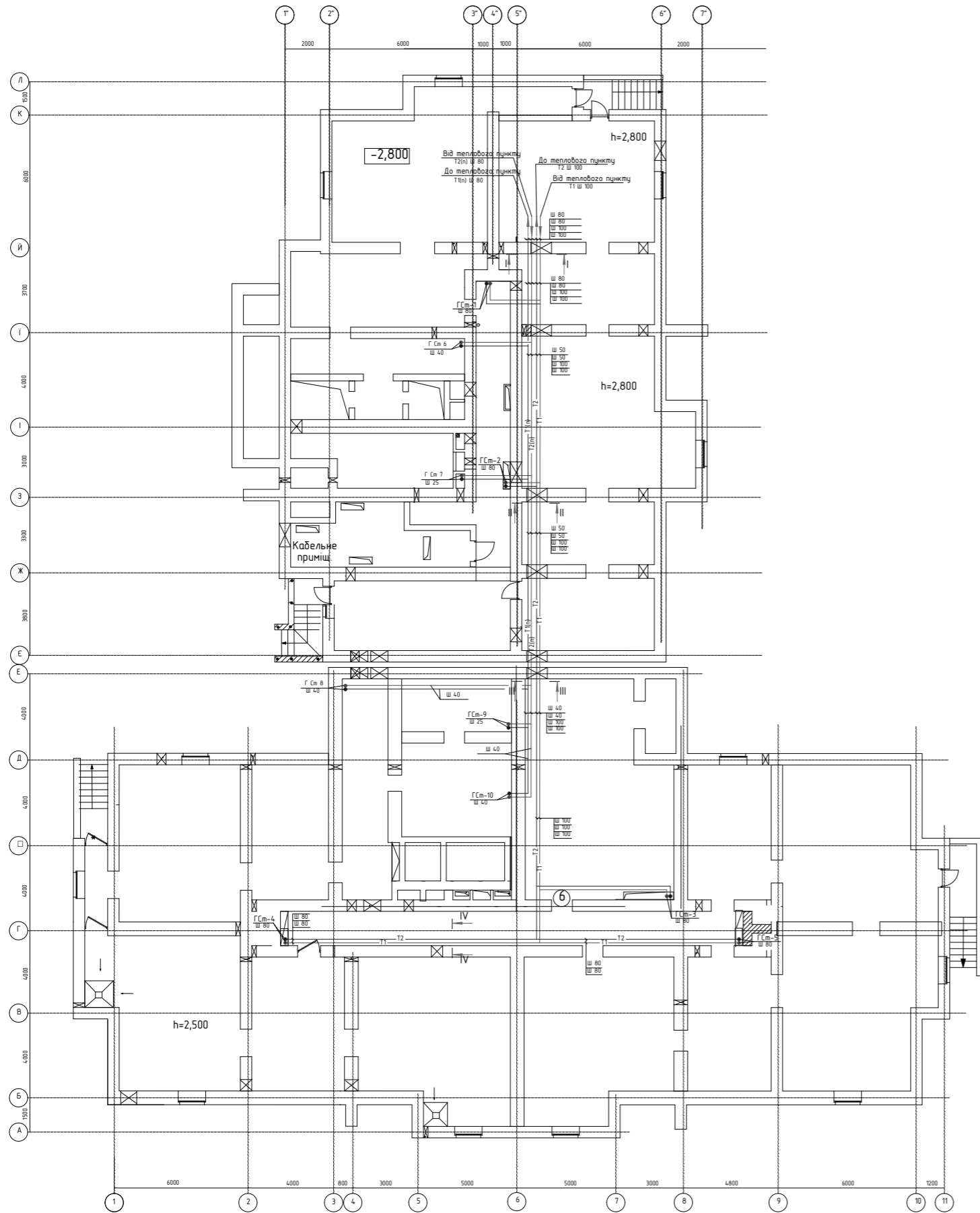


План системи опалення типового поверху .

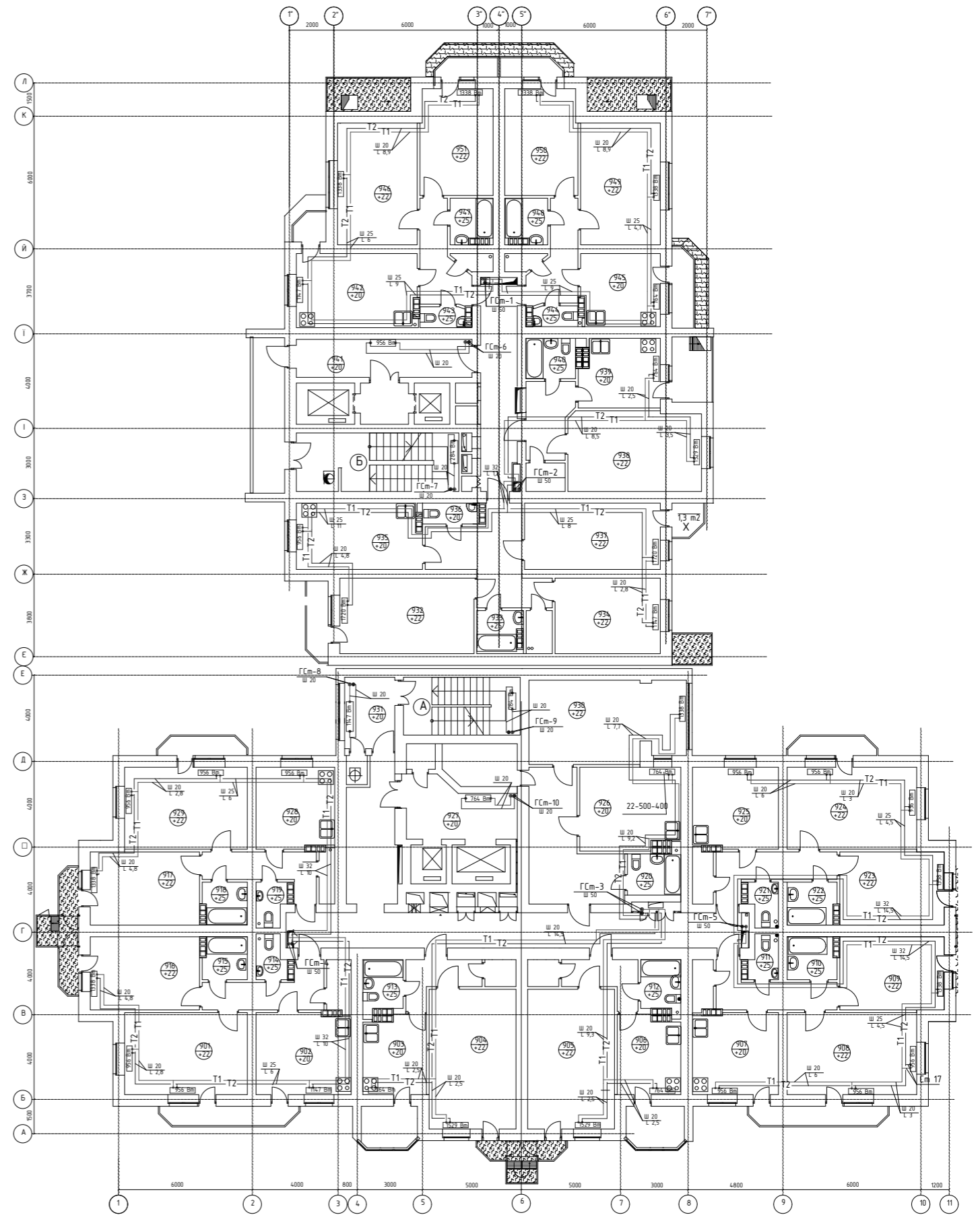


08.12.МДР.009.01.000.ГЧ				
Система опалення дев'ятиповерхового будинку в місті Черкаси				
Змін	Кілюч.	Арх.	Нзак.	Підпис
Розробив	Розробив	Розробив	Розробив	Дата
Перевірив	Перевірив	Перевірив	Перевірив	
Замовив	Замовив	Замовив	Замовив	
Рецензент	Рецензент	Рецензент	Рецензент	
Н. контроль	Н. контроль	Н. контроль	Н. контроль	
Житловий будинок			Станів	Аркушів
МДР			1	9
План системи опалення першого поверху, план системи опалення типового поверху				ВНТУ ТГ-19М

План підвалу. Магістральні трубопроводи

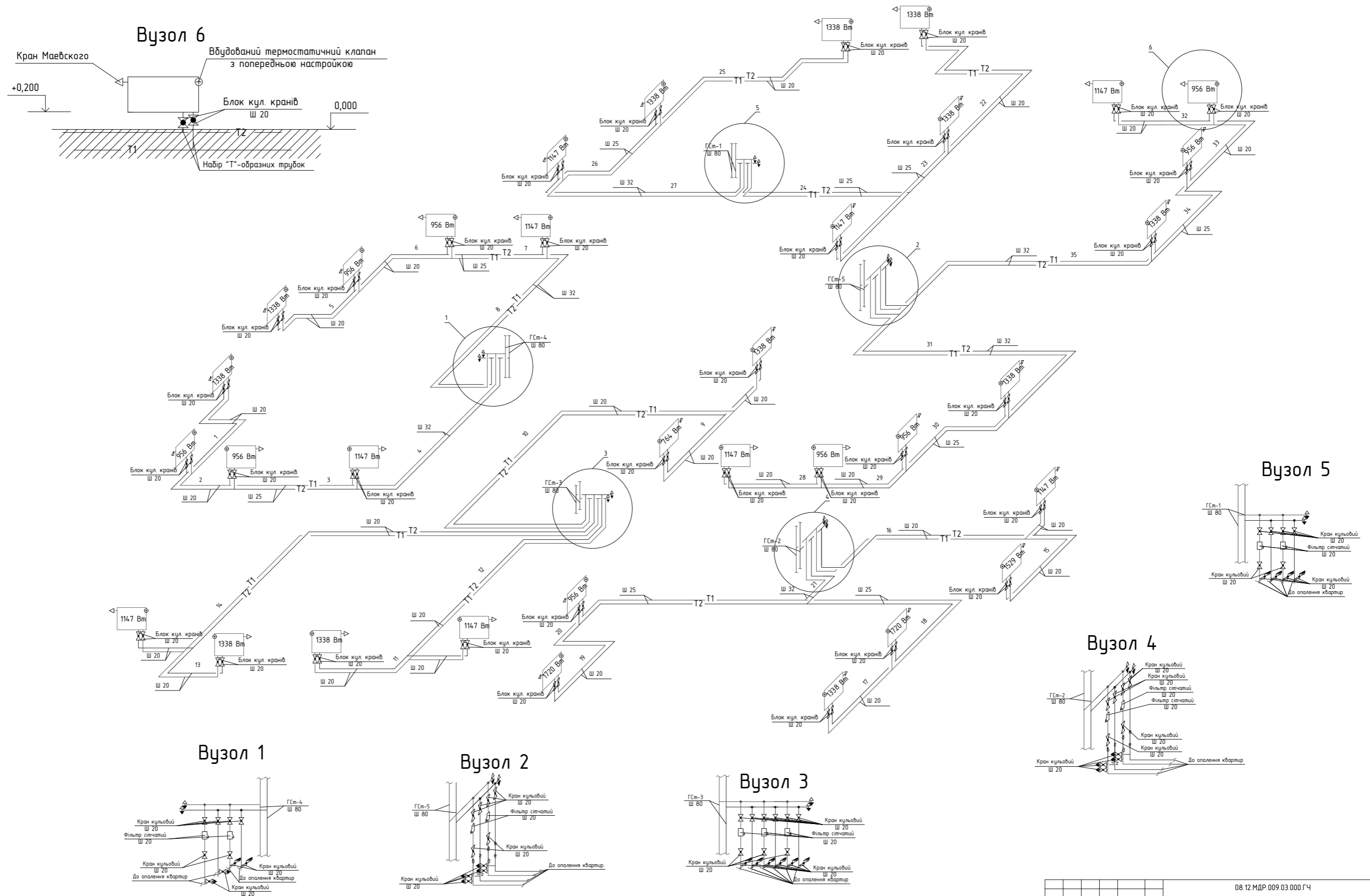


План системи опалення дев'ятого поверху



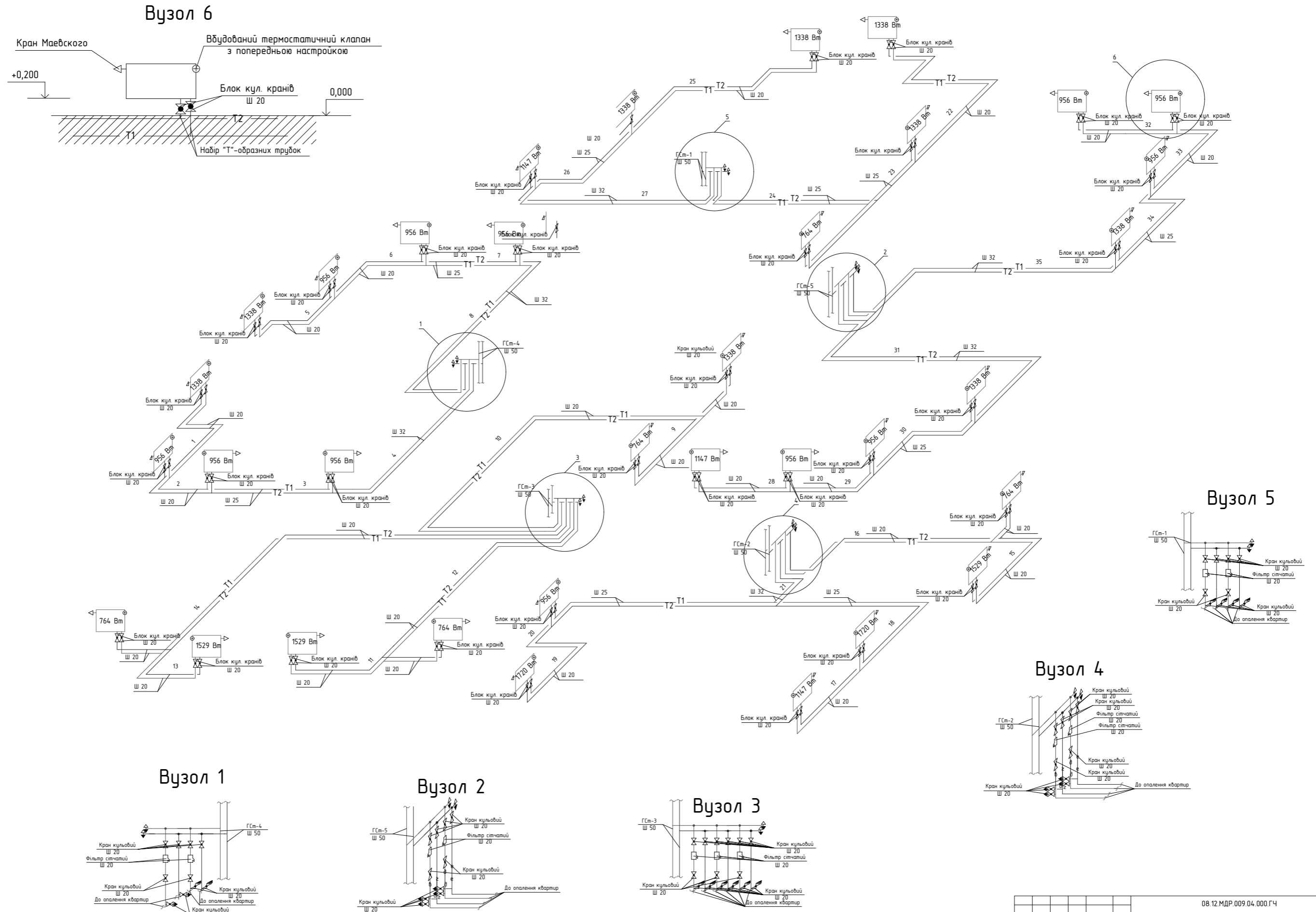
08.12.МДР.009.02.000.ГЧ				
Система опалення дев'ятиповерхового будинку в місті Черкаси				
Змін	Кіліч	Арк	№вок	Підпис
Розробив	Радзюк В.Т.			
Перевірив	Бажук В.В.			
Взвешав				
Рецензент	Мель І.М.			
Н. контроль	Паньків О.Д.			
Житловий будинок		Стан	Аркш	Аркшів
МДР			2	9
План системи опалення дев'ятого поверху, план підвалу та магістральних трубопроводів				
ВНТУ ТГ-19М				

# АксонOMETрична схема системи опалення першого поверху



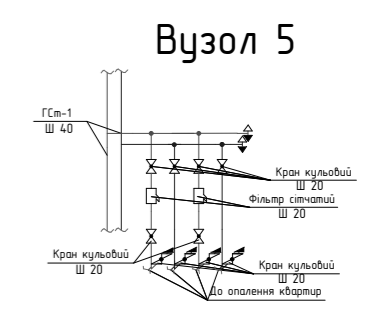
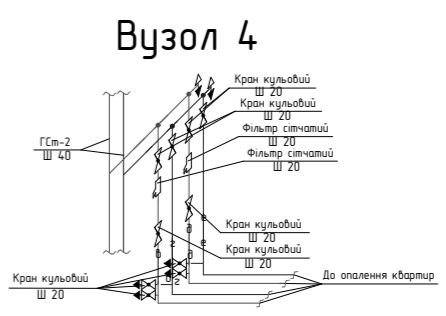
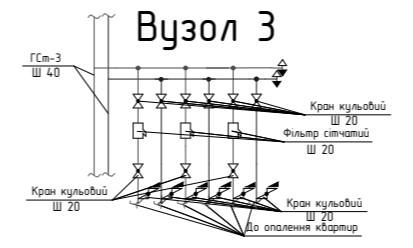
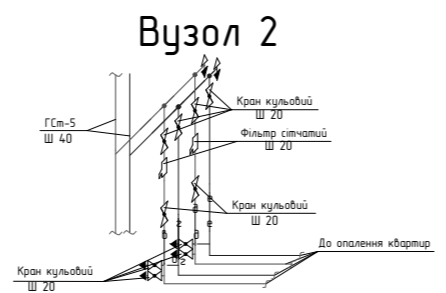
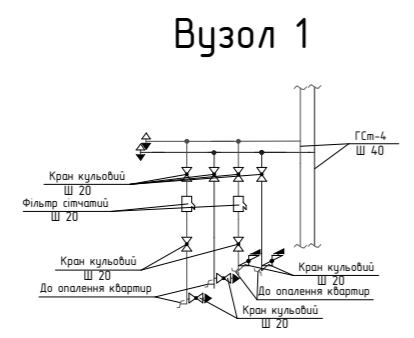
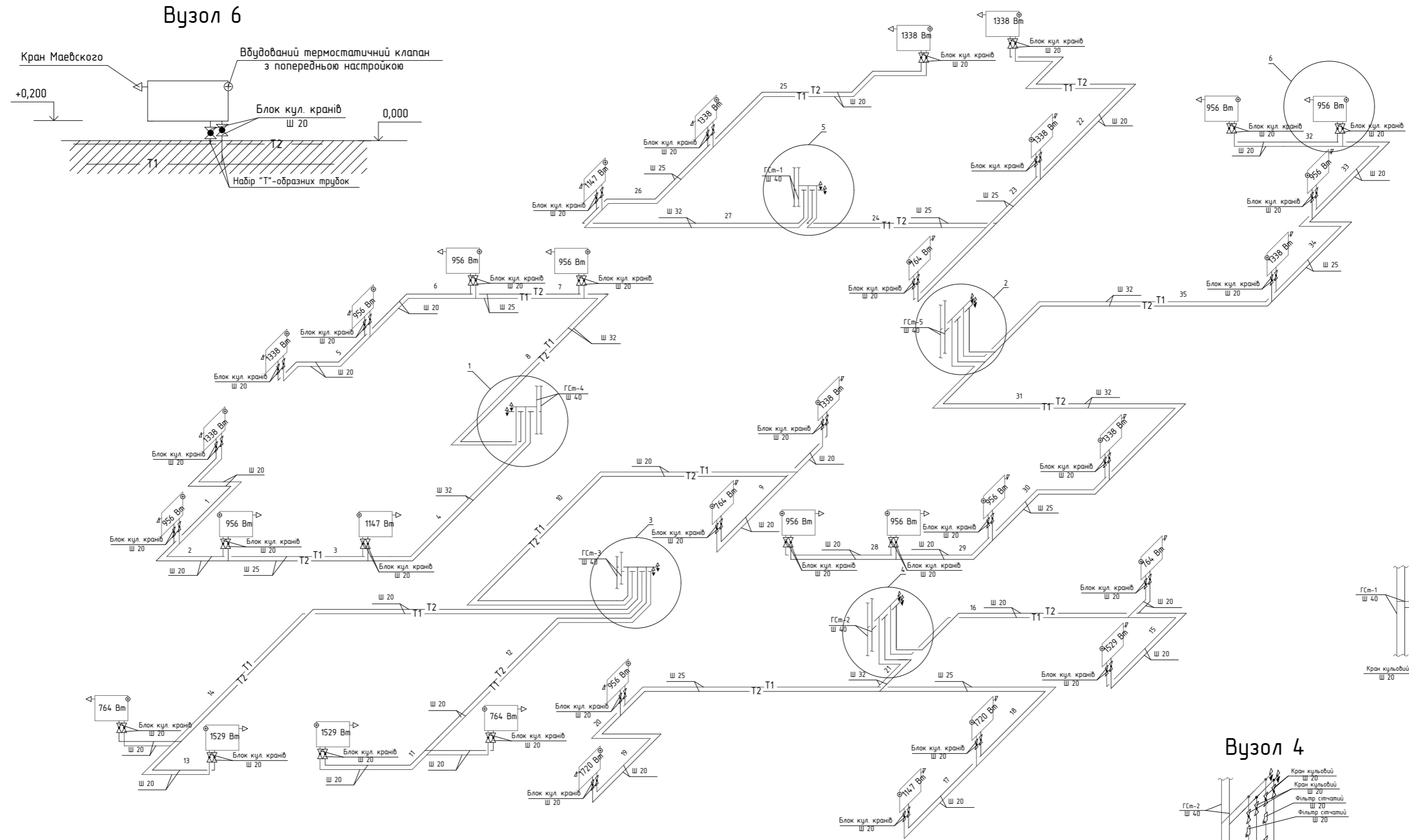
08.12.МДР.009.03.000.ГЧ				
Система опалення дев'ятиповерхового будинку в місті Черкаси				
Змін.	Кіл.уч.	Арк.	№док.	Підпис
Розробив	Радзюк В.Т.			
Перевірив	Жевжук В.В.			
Взвѣрив				
Рецензент	Мель І.М.			
Н. контроль	Паньчєч О.Д.			
Житловий будинок			Станіа	Аркуш
			МДР	3
			9	
АксонOMETрична схема системи опалення першого поверху. Вузели 1.6.			ВНТУ ТГ-19М	

# АксонOMETрична схема системи опалення типового поверху



					08.12.МДР.009.04.000.ГЧ				
					Система опалення дев'ятиповерхового будинку в місті Черкаси				
Змін.	Кіл.уч.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	Житловий будинок	Станія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Радзюк В.Т.					МДР	4	9
Перевірив		Жевжук В.В.							
Вашвердив									
Рецензент		Мель І.М.							
Н. контроль		Паньєвич О.Д.				АксонOMETрична схема системи опалення типового поверху. Вузли 1.6	ВНТУ ТГ-19М		

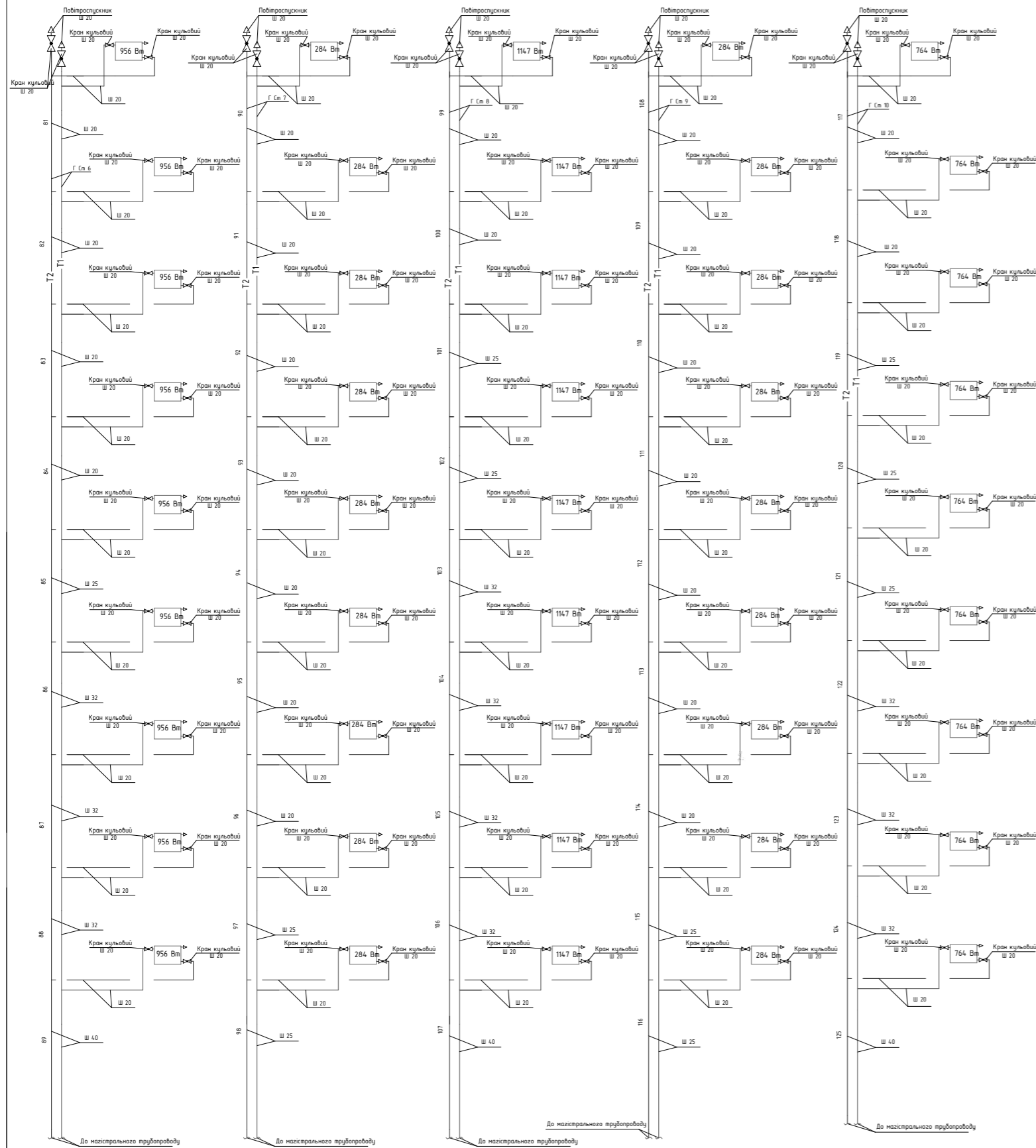
# АксонOMETрична схема системи опалення дев'ятого поверху



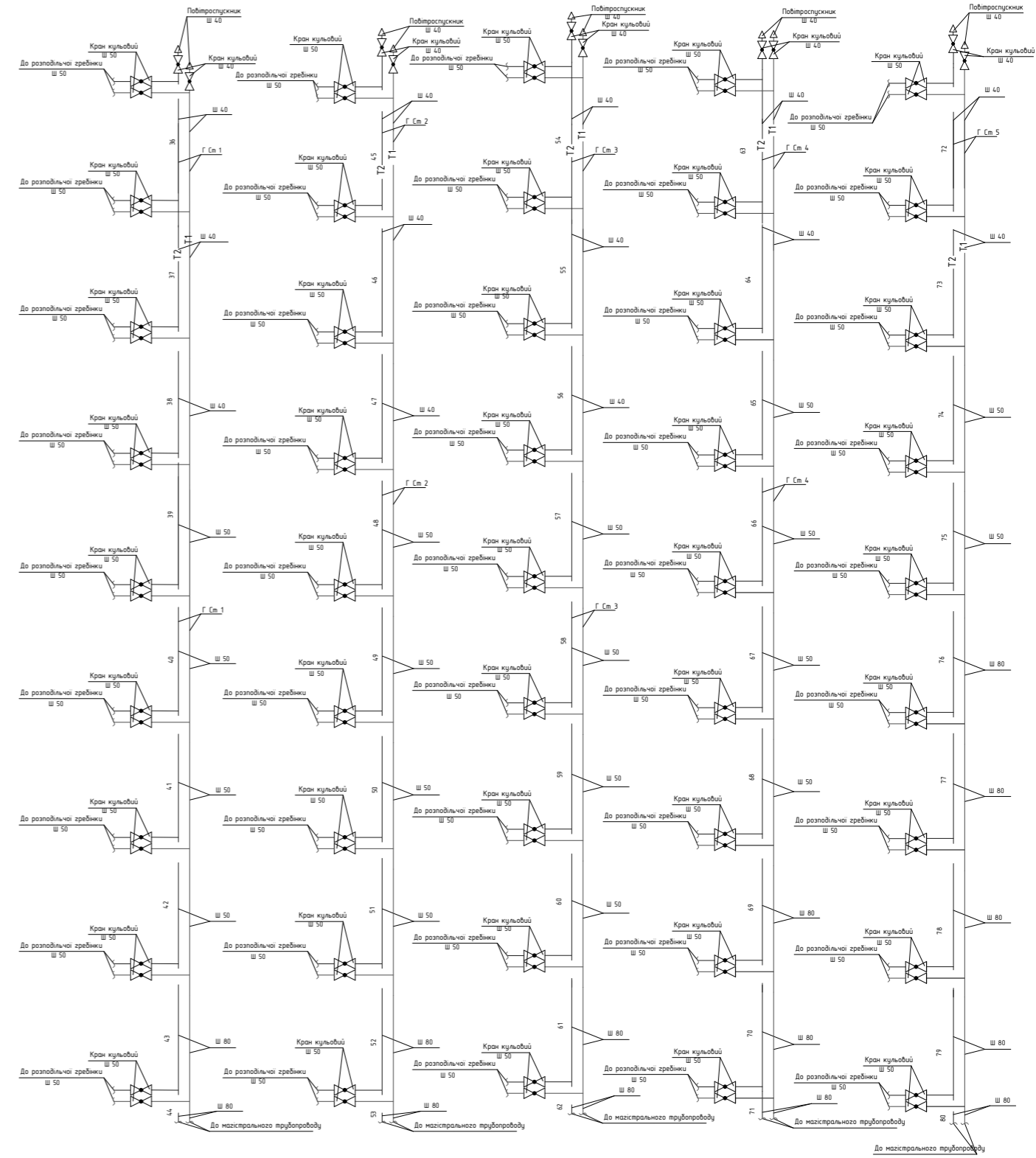
					08.12.МДР.009.05.000.ГЧ				
					Система опалення дев'ятиповерхового будинку в місті Черкаси				
Змін.	Кіп.уч.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	Житловий будинок	Станів	Аркуш	Аркушів
Розробив			Радзюк В.Т.				МДР	5	9
Перевірив			Жевжук В.В.						
Впідтвердив									
Рецензент			Мель І.М.			АксонOMETрична схема системи опалення дев'ятого поверху. Вузли 1-6.	ВНТУ ТГ-19М		
Н. контроль			Паньків О.Д.						



### Схема стояків системи опалення сходової клітини



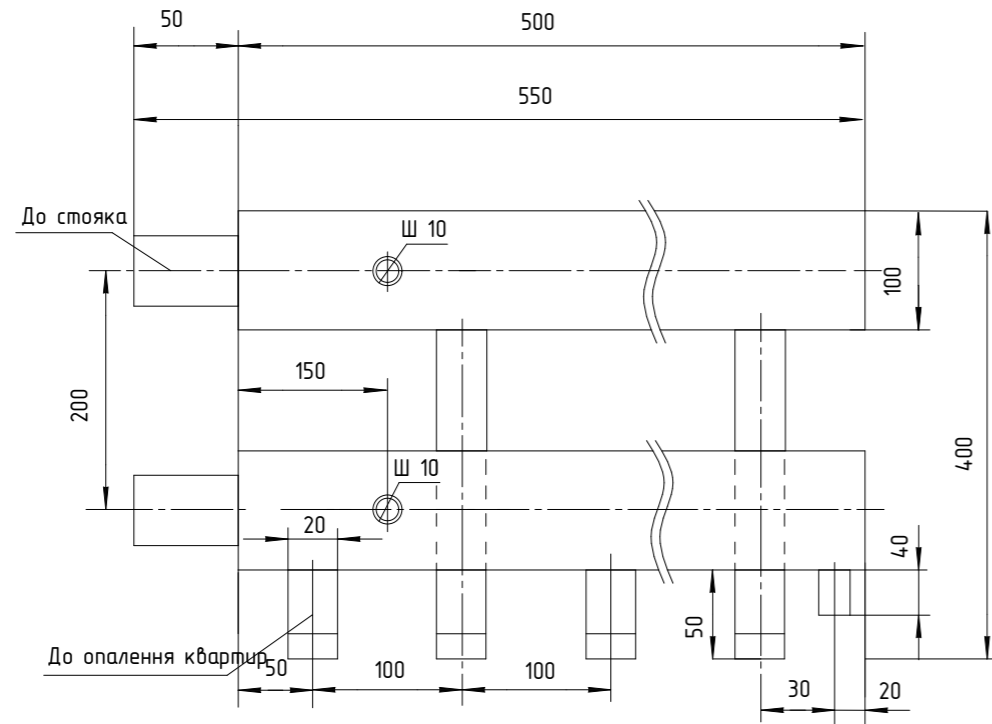
### Схема стояків системи опалення житлової частини



08.12.МДР.009.06.000.Г.Ч				
Система опалення дев'ятиповерхового будинку в місті Черкаси				
Змн.	Кіл.уч.	Арк.	№зак.	Дата
Розробив	Радзюк В.Т.			
Перевірив	Жевжало В.В.			
Затвердив				
Рецензент	Мель І.М.			
Н. контроль	Паньків О.Д.			
Житловий будинок			Старий	Архив
МДР			6	9
Схема стояків системи опалення житлової частини. Схема стояків системи опалення сходової клітини.				
ВНТУ ТГ-19М				

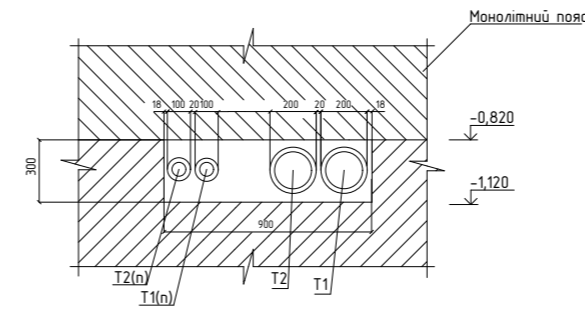
М 1:25

Схема розподільчої гребінки



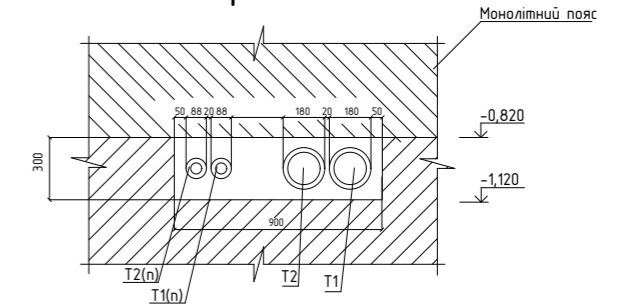
М 1:25

Розріз I-I



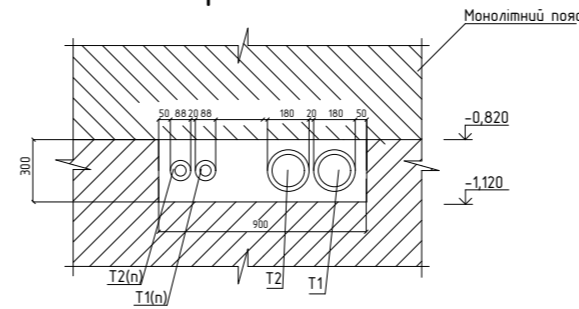
М 1:25

Розріз III-III



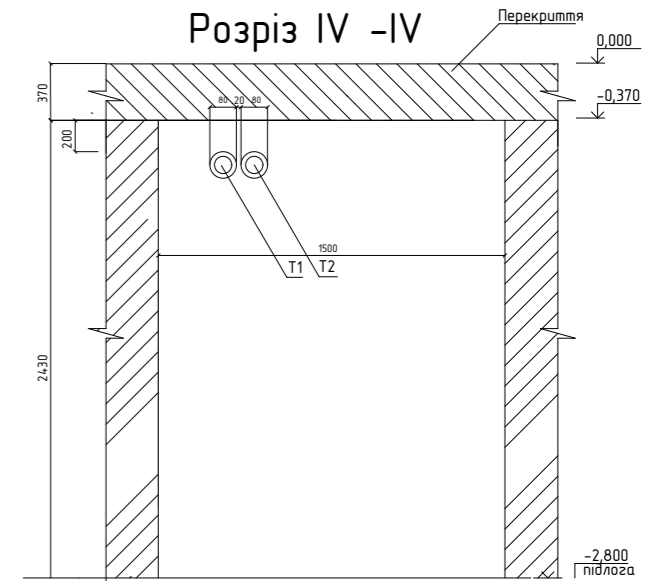
М 1:25

Розріз II-II



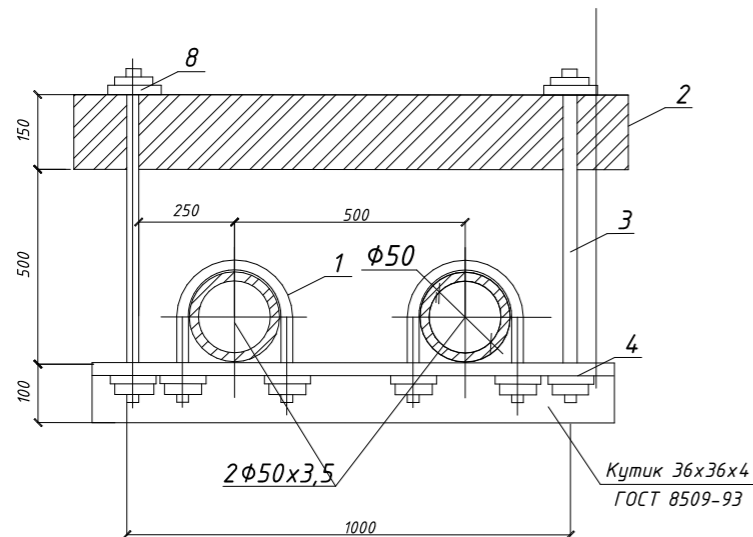
М 1:25

Розріз IV-IV



М 1:10

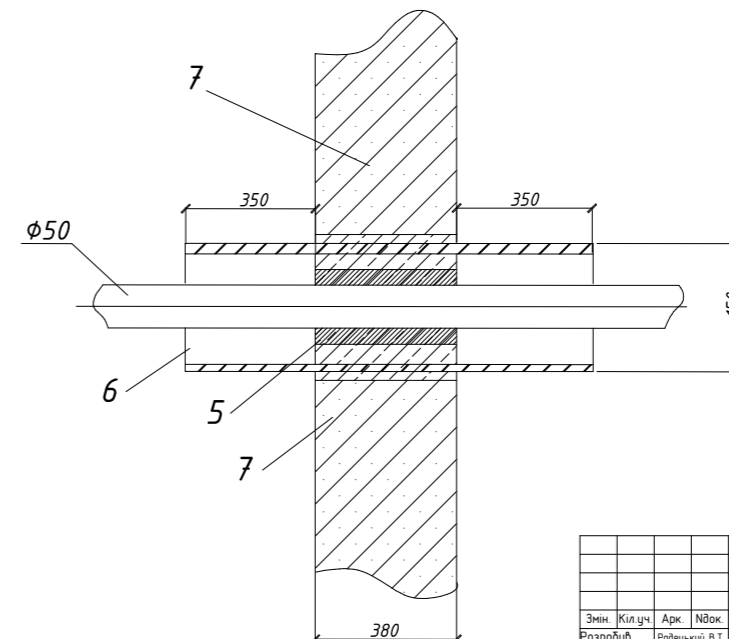
Схема проходження трубопроводів по підвалу житлової будівлі



- 1- Хомут;
- 2- Перекриття;
- 3- Тяга;
- 4- Гайка;
- 5- Вогнетривкий ущільнювач
- 6- Гільза;
- 7- Стінова конструкція;
- 8- Кріплення тяги до перекриття

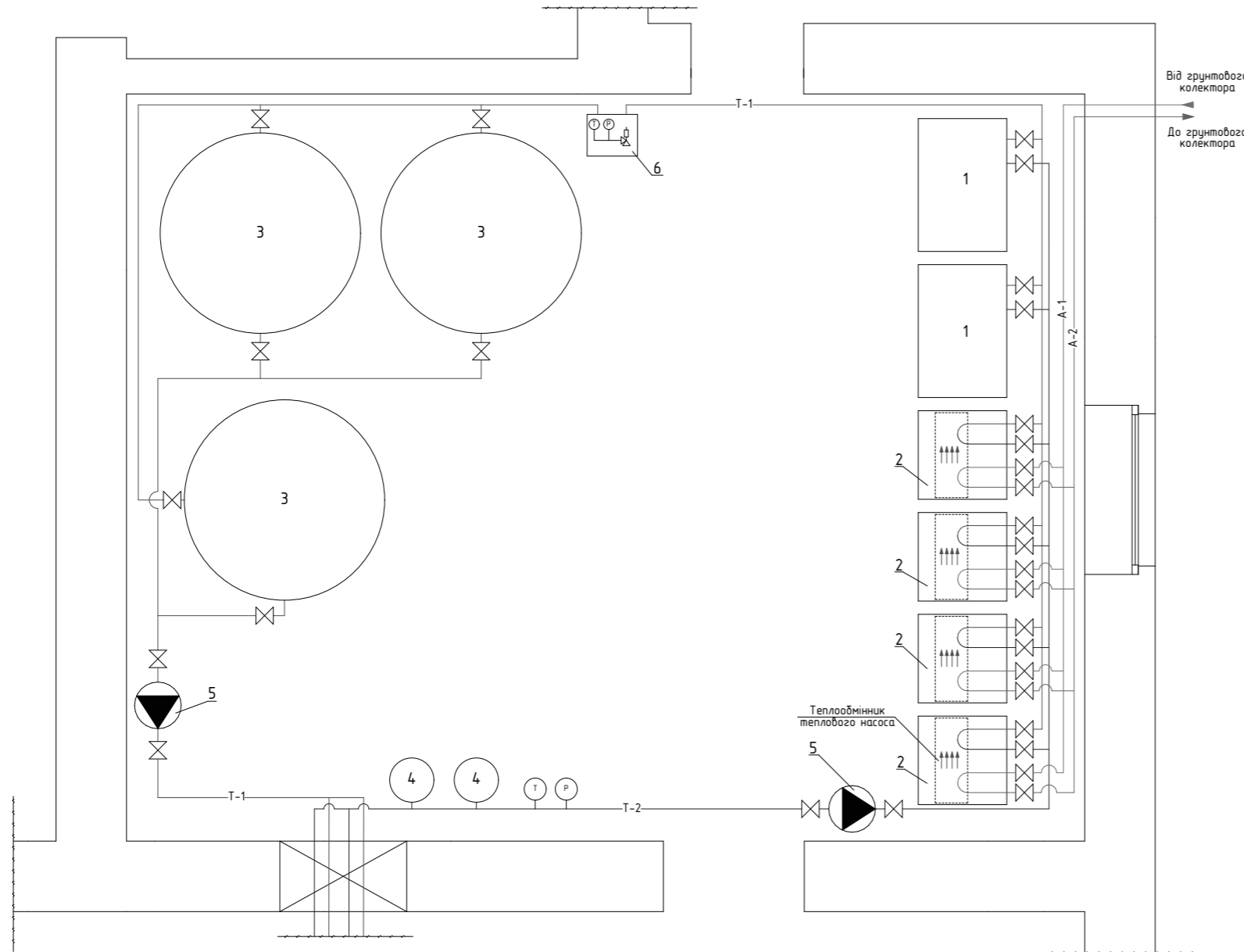
М 1:10

Схема проходження трубопроводів через стіни та фундаменти будівлі



					08.12.МДР.009.07.000.ГЧ		
					Система опалення дев'ятиповерхового будинку в місті Черкаси		
Змін.	Кілі.уч.	Арк.	№вок.	Підпис.	Дата.		
Розробив	Радзюк В.Т.					Житловий будинок	
Перевірив	Бажук В.В.					Станд.	Арк.№
Виконав						МДР	7
Рецензент	Мель І.М.					9	
Н. контроль	Паньбич О.Д.					ВНТУ ТГ-19М	
					Схема розподільчої гребінки М 1:25, схема проходження трубопроводів по підвалу житлової будівлі М 1:10, схема проходження труборізів через стіни та фундаменти будівлі, розріз 1-1, розріз 2-2, розріз 3-3, розріз 4-4.		

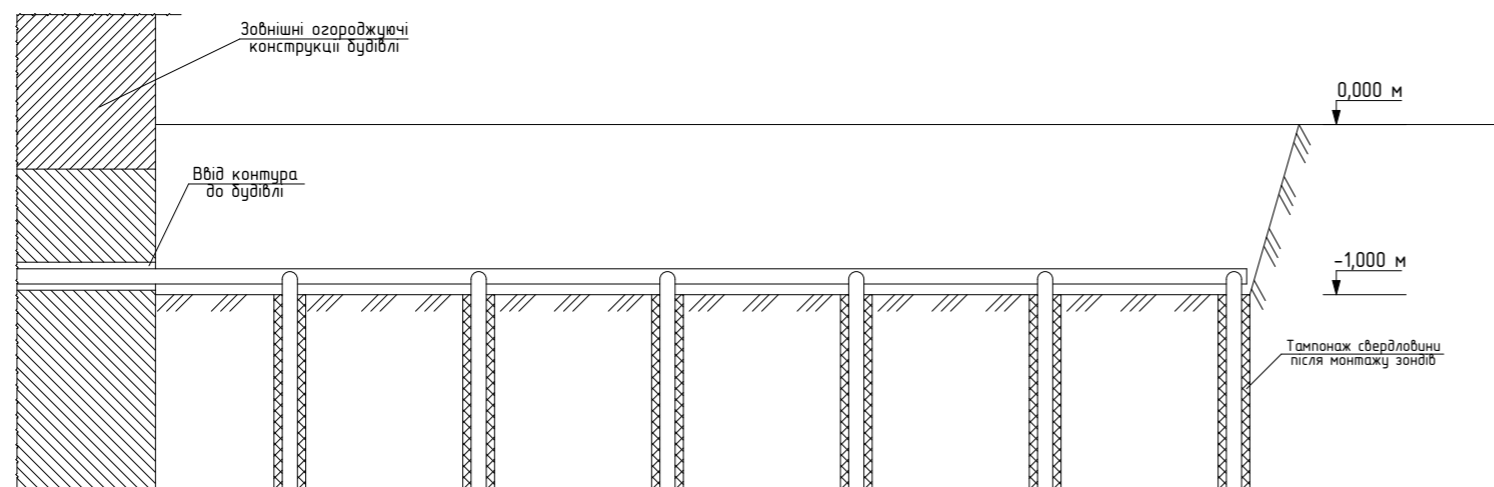
М 1:50  
Схема теплового пункту



Умовні позначення	
— А-1 —	Подаючий контур антифризу
— А-2 —	Зворотній контур антифризу
⊖	Манометр
⊕	Термометр
— Т-1 —	Подаючий трубопровід СО
— Т-2 —	Зворотній трубопровід СО

№	Найменування елементів	Кількість
1	Електричний котел "Титан" 145 кВт	2 шт.
2	Тепловий насос "NIBE F1345" 60 кВт	4 шт.
3	Бак-акумулятор 4000 л.	3 шт.
4	Розширювальний бак	2 шт.
5	Циркуляційний насос	2 шт.
6	Група безпеки	1 шт.

М 1:100  
Схема влаштування ґрунтових зондів геотермального поля



Примітки:  
1. При монтажі зондів виконати тампонування свердловин;  
2. Відстань між сусідніми зондами маж бути не менше 10м.

08.12.МДР.009.08.000.ГЧ						Система опалення дев'ятиповерхового будинку в місті Черкаси		
Змін.	Кіл.уч.	Арк.	Ндвок.	Підпис	Дата	Станія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Радзюк В.Т.				Житловий будинок	МДР	8
Перевірив		Джежуро В.В.			9			
Відвердив								
Рецензент		Мель І.М.						
Н. контроль		Паньків О.Д.						

Схема теплового пункту М 1:50. Схема влаштування ґрунтових зондів геотермального поля.

ВНТУ ТГ-19М



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

**МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ДЕВ'ЯТИПОВЕРХОВОГО  
БУДИНКУ В М. ЧЕРКАСИ**

**Виконав: Радецький В.Т**  
**Керівник: д.е.н., проф. Джеджула В.В.**

**Актуальність теми.** На сьогодні житлово-комунальне господарство України все ще зазнає числені збитки за рахунок втрати експлуатаційної ефективності існуючих теплових мереж та морально застарілого житлового фонду. Сучасні будівельні технології дозволяють споруджувати високоефективні та економічно вигідні об'єкти. Такі об'єкти, потребують великих початкових затрат на їх зведення, однак короткий термін окупності, надійність та ефективність повністю виправдовують свою ціну. В силу дефіциту та дороговизни природного газу, слід поступово переходити на альтернативне теплопостачання, та відновлювану енергетику вцілому.

В даній роботі вперше запропоновано та теоретично обгрунтовано проектування системи геотермального опалення для будівель великих об'ємів. Геотермальне опалення для багатопверхових будівель досі не набуло великого практичного значення, причиною того є обмежені теплові можливості теплових насосів, які працюють на низькопотенціальних джерелах енергії.

**Мета дослідження:** аналіз та оцінка існуючих способів теплопостачання, аналіз систем альтернативного теплопостачання, створення нової схеми теплопостачання, яка об'єднує в собі високу ефективність, надійність та, водночас, економічну доцільність.

**Об'єкт дослідження:** система опалення, яка забезпечує теплопостачання будівлі, використовуючи низькопотенціальне джерело енергії.

**Предмет дослідження:** параметри роботи теплового насоса в різні пори року та методи оптимізації ефективності його роботи при найменших затратах.

**Наукова новизна отриманих результатів:** концептуальна схема енергоощадної, ефективної та економічно вигідної системи геотермального теплопостачання для будівель великих об'ємів;

**Практичне значення отриманих результатів :** впровадження систем на основі ТНУ дозволить оптимізувати споживання енергії, зменшити витрати на опалення та гаряче водопостачання, зберегти екологію та паливно-енергетичні запаси нашої країни.

**Особистий внесок магістра:** магістерська робота є результатом розробки та моделювання проєктних рішень системи геотермального теплопостачання для житлових будівель великої поверховості.

### **Результати досліджень:**

Проаналізувавши роботу геотермальних теплових насосів в якості низькотемпературного теплогенеруючого обладнання, було встановлено, що тепловий насос в моновалентному режимі не здатен повністю забезпечити необхідні теплові параметри в приміщеннях будівлі великого об'єму, до того ж на покриття теплових втрат в багатоповерховій будівлі потрібно застосувати велику кількість теплонасосного обладнання в силу його обмеженої потужності. Однак, тепловий насос – це високотехнологічний та дорогий агрегат, тому застосування його у великих кількості, з точки зору економії, є абсурдним.

Щоб вирішити дане питання, було проаналізовано режими роботи теплових насосів. У моновалентному (самостійному) режимі тепловий насос здатен забезпечити теплом невелику одно- двоповерхову будівлю або котедж. Для влаштування теплопостачання багатоповерхової будівлі доцільно використовувати бівалентний (парний), а саме допоміжний режим, згідно якого, тепловий насос працює спільно з допоміжним теплогенератором, який може забезпечити нагрівання теплоносія до високої температури, коли це необхідно. Суть даного режиму роботи полягає у тому, що тепловий насос забезпечує початкове нагрівання теплоносія до бівалентної температури, а допоміжний теплогенератор догріває теплоносій від бівалентної температури до потрібної. Коефіцієнт перетворення енергії теплового насоса складає  $1/5$ , тобто за 1 МВт електроенергії він видає 5 МВт теплової енергії умовно. Оскільки основну роботу по нагріванню теплоносія виконує тепловий насос (70-90%), то споживана потужність електроенергії та вихідна тепла потужність набувають співвідношення  $1/3$ , тобто набувають значення коефіцієнта потрібної економії.

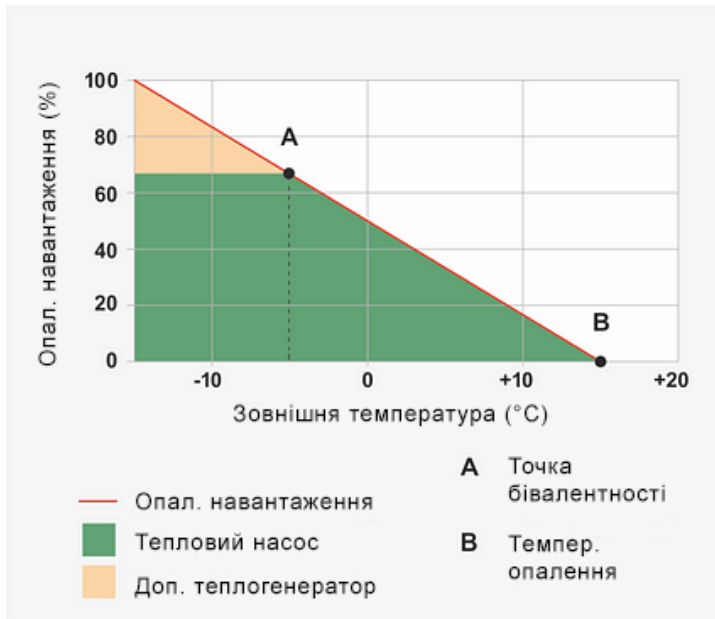


Рисунок 1.1 – Бівалентний допоміжний режим роботи теплового насоса

Розраховано економічний ефект акумуляційного способу теплопостачання. Акумуляційний обігрів має на меті нагрівання визначеного об'єму теплоносія в нічний період за більш дешевим тарифом, зберігання теплоносія в термоізольованих баках-акумуляторах та подальше його використання на потреби теплопостачання.

Проведено економічне порівняння варіанту влаштування теплового пункту і системи опалення, описаної вище, з варіантом підключення до централізованого опалення. На влаштування теплового пункту потрібно майже в 7 разів більше капіталовкладень ніж для влаштування теплотраси. Це обумовлено високою вартістю бурових робіт та теплонасосного обладнання. Однак, перший варіант є економічно доцільнішим в довгостроковій перспективі, оскільки запропонована система опалення є довговічною, ефективною та менш ресурсозатратною. Термін окупності складає 8, 5 років, при цьому термін служби такої системи опалення в середньому складає 30 – 40 років.

Річна витрата електроенергії на роботу системи опалення складає 530640 кВт з них 212 256 кВт буде оплачуватися за нічним тарифом, а 318 384 кВт – за звичайним.

Основна задача системи опалення – компенсація теплових втрат приміщення. Щоб мінімізувати тепловтрати, а тим самим і необхідні енергозатрати, було



змодельовано тепловий режим будівлі, розраховано та підібрано товщину теплової ізоляції, вікна, двері та шар теплоізоляції горищного перекриття.

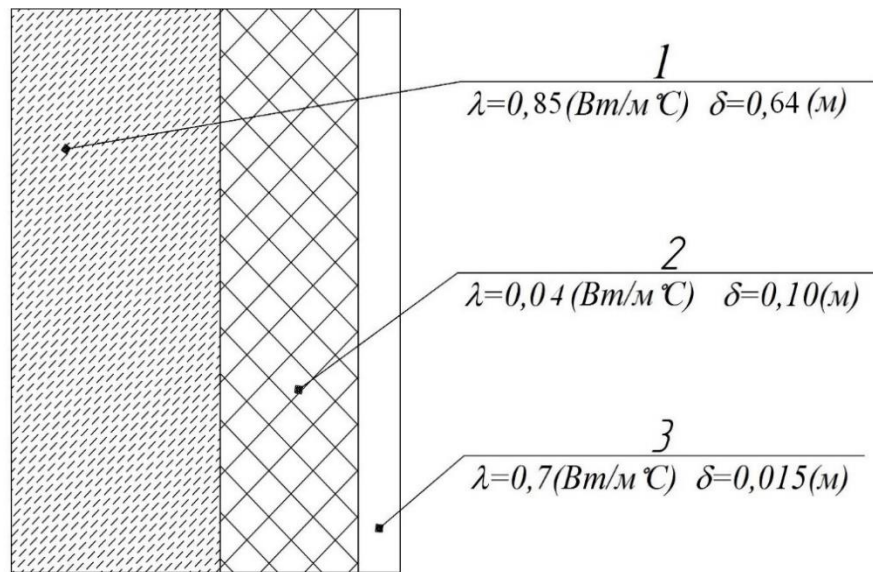


Рисунок 1.2 – Схема утеплення зовнішньої стіни будівлі шаром мінеральної вати: 1- шар силікатної цегли, 2-шар утеплювача, 3- штукатурка.

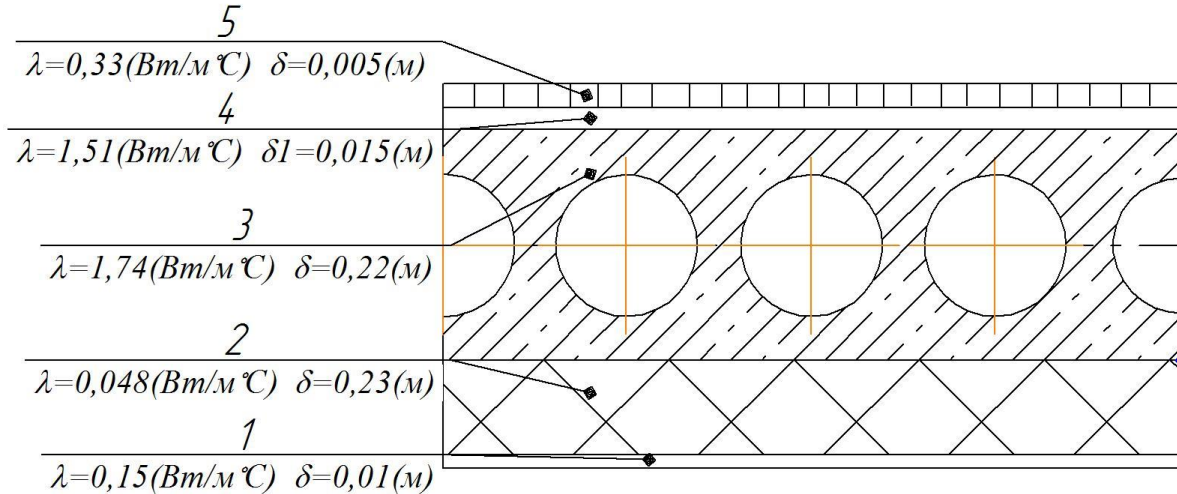


Рисунок 3.3 – Схема утеплення перекриття: 1 - лист гіпсокартону, 2 - пластини мінеральної вати, 3 - залізобетонна плита, 4-бетонне покриття, 5–лінолеум.

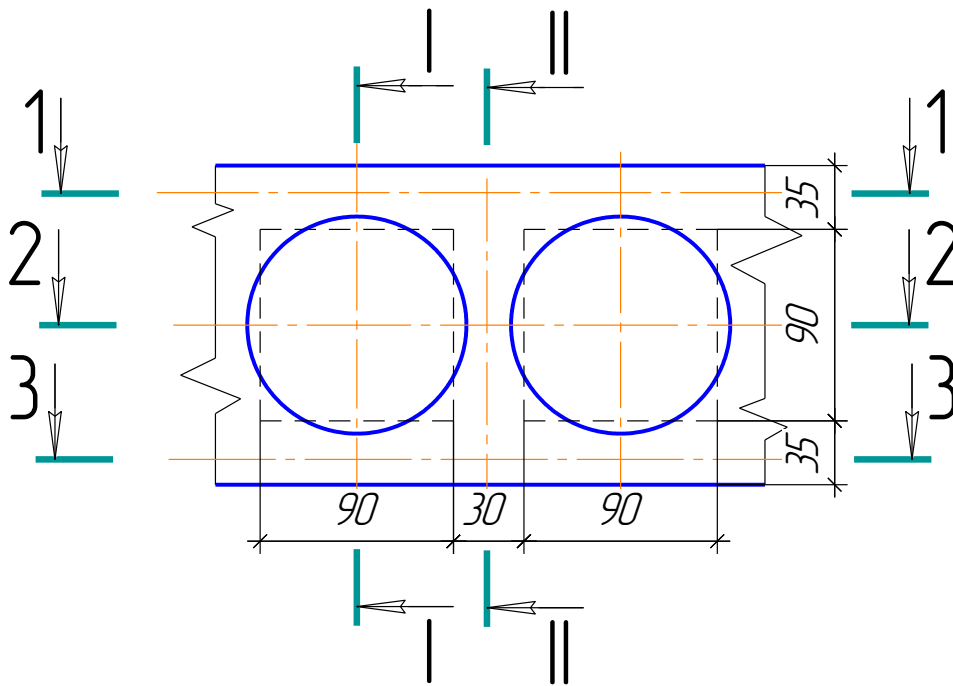


Рисунок 3.4 – Схема розбивки плити перекриття на розрахункові області

На основі технічних даних, кліматичної характеристики району будівництва, розташування огорожуючих конструкцій та інших факторів було проведено теплотехнічний розрахунок приміщень та визначено загальні тепловтрати, що складають 330 кВт. На основі даного розрахунку було підбрано опалювальні прилади, які мають компенсувати тепловтрати у кожному приміщенні будівлі, а їх сумарна теплова потужність складає 346 кВт.

На основі даних теплотехнічного розрахунку проведено моделювання гідравлічних режимів системи опалення та гідравлічний розрахунок, який заключається у попередньому балансуванні системи за рахунок підбору діаметрів трубопроводів. Остаточне балансування системи виконується встановленням балансувальних клапанів.

## **Висновки**

Проведено аналітичний огляд відомих досліджень у проектуванні систем теплопостачання із використанням альтернативних джерел енергії. На основі проаналізованих відомих способів генерації тепла обґрунтовано доцільність влаштування індивідуального опалювального пункту та переходу на електричне та альтернативне опалення. Наведено переваги використання акумуляційного обігріву. Приведено відомі види та типи теплових насосів, що можуть використовуватись для потреб теплопостачання. Виконано дослідження та теоретичне обґрунтування можливості встановлення бівалентної системи опалення для багатоповерхового будинку, що забезпечує максимально високі показники економічності та ефективної якості роботи системи.

Визначено основні технологічні та будівельні рішення, які можуть бути втілені в процесі монтажу систем.

Описано економічний ефект від влаштування індивідуального теплового пункту та пораховано показники економічної ефективності.