

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра інженерних систем у будівництві

(повна назва кафедри)

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему :

Енергоефективна система теплопостачання з інтегрованими рекреаційними зонами на даху багатоповерхового будинку

Виконав: здобувач 4 курсу, групи СМ-216

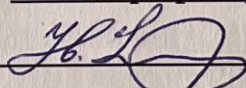
Спеціальності: 192-Будівництво та цивільна інженерія



Нестеренко О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., професор кафедри ІСБ



Коц І.В.

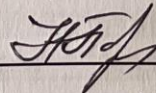
(прізвище та ініціали)

«12»

06

2025р

Рецензент: к.т.н., доцент



Попович М.М.

(прізвище та ініціали)

«12»

06

2025р

Завідувач кафедри ІСБ

к.т.н., проф. Рагушняк Г.С.

(прізвище та ініціали, підпис)

«13» 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ 2025

Вінницький національний технічний університет

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра Інженерних систем у будівництві

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 19-Архітектура та будівництво

Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітньо-професійна програма «Енергоефективні системи створення мікроклімату будівель»



З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

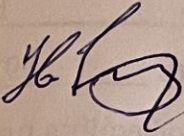
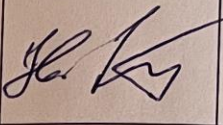
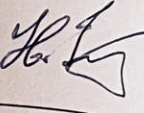
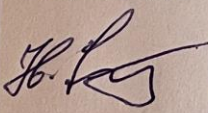
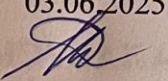
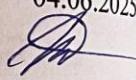
Нестеренка Олександра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проєкту «Енергоефективна система теплопостачання інтегрованими рекреаційними зонами на даху багатоповерхового будинку»

1. Керівник роботи Коц І.В., к.т.н., професор кафедри ІСБ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом вищого навчального закладу № 96 від «21» березня 2025 року.
2. Термін подання студентом проєкту роботи 03 червня 2025 р.
3. Вихідні дані до проєкту (роботи): Розробка технічного завдання, аналіз кліматичних умов, розрахунок теплових навантажень, вибір джерел теплопостачання, проектування системи з тепловими насосами, сонячними колекторами та індукційними котлами, моделювання мікроклімату, оцінка енергоефективності, забезпечення теплової автономності, зменшення споживання традиційного палива.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Аналіз сучасних систем теплопостачання, обґрунтування доцільності комбінованих джерел енергії, техніко-економічне обґрунтування, теплотехнічні розрахунки, гідравлічні розрахунки, математичне моделювання мікроклімату, формулювання технічних рішень, оцінка економічної ефективності, підготовка висновків і пропозицій щодо впровадження.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
6. Плани та схеми розташування систем вентиляції та кондиціювання, принципові та конструктивні схеми основного обладнання

7. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний огляд існуючих систем тепlopостачання у поєднанні з альтернативними джерелами енергії	Коц І.В., к.т.н., професор	21.03.2025 	22.05.2025 
Теоретичне обґрунтування та проєктне рішення прийнятого варіанта системи тепlopостачання	Коц І.В., к.т.н., професор	31.04.2025 	01.05.2025 
Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень системи тепlopостачання	Коц І.В., к.т.н., професор	28.05.2025 	29.05.2025 
Охорона праці	Кобилянська І.М., к.пед.н., доцент	03.06.2025 	04.06.2025 

8, Дата видачі завдання 21 березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Вступ	21.03.25	вик.
2	Аналітичний огляд	18.04.25	вик.
3	Теоретичні та інженерні розрахунки	31.04.25	вик.
4	Моделювання теплових процесів	06.05.25	вик.
5	Організаційно-технологічне забезпечення	13.05.25	вик.
6	Охорона праці та техніка безпеки	17.05.25	вик.
7	Оформлення графічної частини	28.05.25	вик.
8	Попередній захист	03.06.25	вик.
9	Відгук опонента (рецензента)	12.06.25	вик.
10	Захист БКР	18.06.25	

Здобувач 

Нестеренко О.С.

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Коц І.В.

(прізвище та ініціали)

Бакалавр
системи
рекреацій
споживан
мікроклім
використа
колекторі
розрахунк
технічні р
схеми си
Графічна
Ключові
тепловий
будинок,

Анотація

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена розробці енергоефективної системи теплопостачання для багатоповерхового житлового будинку з рекреаційними зонами типу «зимовий сад». Основною метою є зменшення споживання традиційних енергоресурсів і забезпечення комфортного мікроклімату. У роботі виконано аналіз сучасних систем, обґрунтовано використання комбінованих джерел енергії – теплових насосів, сонячних колекторів та індукційних котлів. Проведено теплотехнічні та гідравлічні розрахунки, моделювання мікроклімату «зимового саду», сформульовано технічні рішення та оцінено економічну ефективність. Графічна частина містить схеми системи, плани поверхів, календарний план, вузлові креслення. Графічна частина складається з 5 креслень.

Ключові слова: енергоефективність, система теплопостачання, «зимовий сад», тепловий насос, сонячний колектор, індукційний котел, багатоповерховий будинок, відновлювані джерела енергії.

Annotation

The bachelor's qualification thesis is devoted to the development of an energy-efficient heat supply system for a multi-storey residential building with integrated recreational zones of the "winter garden" type. The main goal is to reduce the consumption of traditional energy resources and ensure a comfortable indoor climate. The study includes an analysis of modern heat supply systems, justification for the use of combined energy sources such as heat pumps, solar collectors, and induction boilers. Thermotechnical and hydraulic calculations were performed, as well as climate modeling of the "winter garden". Technical solutions were formulated and the economic efficiency of the project was evaluated. The graphic part contains system diagrams, floor plans, a calendar schedule, and detailed assembly drawings. The graphic part consists of 6 drawings.

Keywords: energy efficiency, heat supply system, winter garden, heat pump, solar collector, induction boiler, multi-storey building, renewable energy sources.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ...	16
1.1 Використанням класичних енергетичних ресурсів у комбінації з альтернативними джерелами	16
1.2 Мотивація впровадження індивідуального теплового пункту та переходу на електричне опалення	31
1.3 Аналіз найбільш раціональних методів теплогенерації	32
1.3.1 Огляд методів виробництва теплової енергії	32
1.3.2 Оцінка ефективності сучасних способів генерування тепла.....	33
1.4 Вибір ефективного електричного котла: обґрунтування доцільності індукційних моделей.....	41
1.5 Теплоакумлююче опалення: принцип дії та перспективи застосування.....	43
Теплові насоси: класифікація, конструктивні особливості	44
1.6 Опис об'єкта, його технічні можливості та економічна обґрунтованість.....	45
1.7 Визначення необхідної теплової потужності об'єкта	46
1.8 Визначення необхідної чисельності персоналу	47
1.9 Результативність застосування електрообігріву з акумулюванням тепла...47	
1.10 Попередній кошторис на будівництво	48
1.10.1 Оцінка капітальних витрат на встановлення автономного індивідуального теплового пункту.....	48
1.10.2 Розрахунок величини капітальних вкладень на будівництво теплотраси.48	
1.11 Аналіз економічної доцільності впровадження автономного теплового пункту	49
1.12 Економічна вигода від впровадження індивідуального теплового пункту.49	
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ.....	49

2.1 Кліматичні та природні особливості району забудови.....	49
2.2 Теплотехнічний розрахунок системи опалення	50
2.2.1 Визначення теплових втрат будівлі та підбір опалювальних пристроїв.....	50
2.2.2 Гідрравлічне моделювання режиму роботи трубопровідної мережі	51
2.2.3 Вибір теплогенератора для системи опалення	52
2.2.4 Підбір теплоаккумулятора до системи обігріву.....	54
2.3 Створення математичної моделі мережі гарячого водопостачання.....	55
2.3.1 Визначення необхідного обсягу споживання гарячої води.....	56
2.3.2 Розрахунок діаметра трубопроводів для подачі гарячої води.....	58
2.3.3 Додавання витрат на приготування гарячої води та підбір теплового насоса	59
2.3.4 Вибір сонячного колектора для забезпечення гарячого водопостачання	60
2.4 Розрахунок річного споживання енергоресурсів котельною системою	61
Висновки до розділу	62
3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ...	67
3.1 Конструктивні особливості об'єкта монтажу	67
3.2 Розрахунок кількості основних та допоміжних витратних матеріалів.....	69
3.3 Отримання об'єкту під монтаж	72
3.4 Визначення складу монтажних робіт.....	73
3.5 Визначення об'ємів монтажних робіт.....	74
3.6 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, інструментів, типів машин і механізм.....	77
3.7 Визначення трудомісткості монтажних робіт та складу бригад.....	80
3.8 Визначення витрат енергоносіїв при роботі обладнання та транспортних засобів.....	84

3.8.1 Розрахунок витрат електроенергії	84
3.8.2 Розрахунок витрат пального.....	84
3.9 Технологічний регламент і технічні засоби для проведення випробувань систем при їх здачі в експлуатацію	85
Висновки до розділу.....	86
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НС.....	88
4.1 Загальні положення та нормативна база.....	81
4.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	89
4.3 Електробезпека.....	90
4.4 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	90
4.4.1 Мікроклімат робочої зони.....	91
4.4.2 Склад повітря робочої зони.....	93
4.4.3 Виробниче освітлення.....	94
4.4.4 Виробничий шум.....	94
4.4.5 Виробничі вібрації.....	95
4.4.6 Виробничі випромінювання.....	95
4.5 Пожежна безпека та протипожежні заходи	96
4.6 Висновки до розділу	97
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	98
Список використаних джерел... ..	99
Додаток А Технічне завдання (обов'язковий).....	102
Додаток Б Висновок про перевірку БКР на плагіат (обов'язковий).	105
Додаток В Параметри гідравлічного розрахунку системи опалення першого поверху.....	106
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	110

ВСТУП

Актуальність теми. У контексті забезпечення енергетичної незалежності та національної безпеки України особливої ваги набуває стратегія скорочення споживання традиційних енергоносіїв, зокрема природного газу, як у загальних обсягах, так і у структурі енергетичного балансу держави.

Запровадження енергоощадного підходу до формування паливно-енергетичного балансу дозволяє досягти низки стратегічних переваг. Серед них — зменшення імпортової залежності, підвищення енергетичної стійкості країни та збільшення частки відновлювальних і нетрадиційних джерел енергії. З метою активного залучення альтернативних джерел до енергетичної системи України проводиться цілеспрямована діяльність у перспективних технологічних напрямках, зокрема:

- впровадження інноваційних моделей вітрогенераторів для автономних та мережових систем;
- розширення застосування сонячної та геотермальної енергії як для генерації електроенергії, так і для теплопостачання;
- будівництво біогазових станцій, що працюють на відходах аграрного сектору, лісового господарства та осадах стічних вод.

В умовах стрімкого подорожчання традиційного палива особливо гостро постає завдання зменшення енергоспоживання та підвищення ефективності використання наявних енергоресурсів.

Значний обсяг теплової енергії — до 20% — втрачається в процесі транспортування теплоносія через технічну зношеність тепломереж. У зв'язку з цим актуальним є перехід до місцевих джерел енергії, таких як сонячна та геотермальна енергія, які ефективно поєднуються з традиційними ресурсами, зокрема електроенергією. Отже, актуальність даного дослідження зумовлена потребою у розробці енергоефективної та екологічно безпечної системи, здатної забезпечити оптимальні мікрокліматичні умови відповідно до функціонального призначення та типу приміщення.

Зв'язок роботи з науковими темами, та дослідженнями: Дослідження було проведене в рамках наукового напрямку та тематики дослідницької діяльності кафедри теплогазопостачання і науково-дослідної лабораторії гідродинаміки Вінницького національного технічного університету. Робота відповідає темі науково-дослідної роботи №12K1: «Енергоефективні системи та засоби їх впровадження для теплогазопостачання і вентиляційних мереж».

Мета і завдання дослідження: Основною метою цієї роботи є наукове обґрунтування та вибір енергоефективної системи тепlopостачання для багатоквартирного житлового будинку на 22 поверхів, а також для споруд типу «Зимовий сад», із використанням обладнання, що сприяє досягненню енергетичної незалежності та покращенню екологічної ситуації за рахунок залучення альтернативних джерел енергії.

Для реалізації поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналітичний огляд існуючих рішень та наукових досліджень щодо комбінованого використання традиційних та альтернативних джерел енергії в системах тепlopостачання;
 - розробити концептуальні та інженерні рішення системи тепlopостачання для конкретного житлового об'єкта з урахуванням вибору теплогенерувального й теплоакumuлюючого обладнання;
 - створити інженерну модель і конструктивне рішення рекреаційної зони типу «Зимовий сад» з аналізом характеру тепломасообмінних процесів;
 - здійснити математичне моделювання мікроклімату в межах зимового саду, враховуючи взаємодію різних джерел тепла — ґрунтових систем, повітряного опалення, акумуляторів тепла;
 - сформулювати оптимальні тепловологісні режими, що забезпечують комфортні умови та високу енергоефективність. Наукова новизна одержаних результатів
- У межах даної роботи:

Уперше сформульовано та реалізовано математичну модель теплового балансу для конструкції типу «Зимовий сад», в основу якої покладено облік усіх джерел надходження та втрат теплової енергії при формуванні

заданих параметрів тепловологісного середовища. Це дало змогу визначити оптимальні співвідношення параметрів, що дозволяють досягти комфортного мікроклімату відповідно до функціонального призначення приміщення, із максимальним урахуванням енергозберігаючих аспектів; розроблено та обґрунтовано аналітичні вирази, які описують взаємозалежність ключових параметрів і характеристик мікроклімату у зимовому саду та житловій будівлі, що дозволяє встановити оптимальні значення для підвищення ефективності функціонування систем теплопостачання.

Практичне значення одержаних результатів

У результаті виконаної роботи:

розроблено конструктивні та концептуальні рішення систем теплопостачання як житлової будівлі, так і споруди типу «Зимовий сад», що забезпечують їх ефективну та енергозаощадну експлуатацію. Зокрема, до складу теплогенерувального обладнання включено індукційні нагрівачі, теплові насоси, сонячні колектори та акумулювальні елементи; запропоновано науково обґрунтовану методику розрахунку систем теплопостачання різного призначення, яка може бути застосована під час їх проектування та впровадження; сформульовано практичні рекомендації щодо ефективного впровадження розроблених технічних рішень у відповідних галузях, що підвищують раціональність використання енергетичних ресурсів.

Особистий внесок здобувача ступеня бакалавр полягає у формуванні завдання на створення модернізованої та енергоефективної системи теплопостачання для житлового будинку багатоповерхового типу, а також системи опалення для об'єкта з рекреаційною функцією — зимового саду. Здобувачем самостійно розроблено конструктивні рішення, що відповідають актуальним стандартам енергоефективності, проаналізовано тепломасообмінні процеси у зимовому саду, виконано комплекс досліджень та аналітичних розрахунків, а також обґрунтовано наукові підходи до

реалізації проєкту.

Апробація та публікації. У межах тематики дослідження, що присвячене впровадженню альтернативних джерел енергії в системи теплопостачання та вентиляції, результати роботи були представлені у вигляді двох наукових доповідей на Всеукраїнській науково-технічній конференції

«Енергоефективність в галузях економіки України» (м. Вінниця, 2023 р.) та на XLIV науково-технічній конференції ВНТУ (2025 р.). Основні положення дослідження опубліковано у вигляді тез у збірнику матеріалів конференції [1]. Структура та обсяг роботи. Дипломна робота включає вступ, шість основних розділів, загальні висновки, список використаних джерел, що налічує 23 позицій, а також чотири додатки. Загальний обсяг роботи становить 99 сторінки основного тексту (без урахування додатків), у роботі наведено 23 ілюстрацій та 30 таблиць.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

1.1 Використання класичних енергетичних ресурсів у комбінації з альтернативними джерелами

У сучасній практиці застосовуються різноманітні запатентовані інженерні рішення щодо організації систем теплопостачання, які поєднують класичні та відновлювані джерела енергії.

Одним із таких є водяне теплозабезпечення, представлена у джерелі [2].

Ця система передбачає використання сонячного теплового колектора, що працює у зв'язці з бойлером, всередині якого розташовано теплообмінник. Сонячний колектор, теплообмінник та з'єднувальні трубопроводи формують замкнене коло, заповнене теплоносієм. Вхідний патрубок бойлера забезпечує з'єднання з водопровідною мережею, тоді як через вихідний подається гаряча вода споживачеві.

У конструкцію додатково входить тепловий насос, а також два енергоефективні теплообмінники, виконані у формі ємностей: один з них містить випарник, інший — конденсатор теплового насоса. Обидва теплообмінники обладнані патрубками для подачі та відведення робочого середовища. Впускні патрубки з'єднані трубопроводами з вихідним патрубком сонячного колектора, а випускні — з його вхідним патрубком, утворюючи циркуляційне кільце.

Між вихідним патрубком першого теплообмінника та вхідним патрубком сонячного колектора встановлено циркуляційний насос і зворотний клапан. У подібний спосіб між вихідним патрубком сонячного колектора та другим теплообмінником розміщується триходовий клапан, який через трубопровід, зворотний клапан і насос з'єднується з теплообмінником, розташованим у бойлері.[2]

Принципова схема системи наведена на рисунк. 1.1.

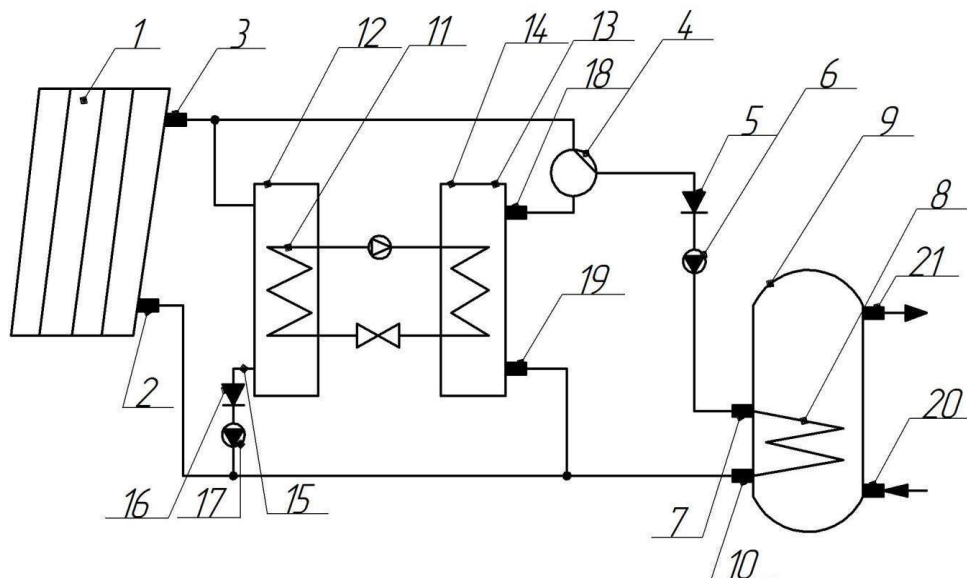


Рисунок 1.1 – Основна схема водяної теплопостачальної системи з інтегрованим сонячним колектором

Серед основних переваг даної конструкції можна виділити:

Здатність ефективно функціонувати за різних погодних умов, зокрема як при інтенсивному сонячному опроміненні, так і при її зниженні.

Разом з тим, система має певні недоліки:

- Одноплощинне розміщення колекторів обмежує ефективність
- поглинання сонячного випромінювання протягом усього світлового дня;
- Безпосередній відбір гарячої води з бака-акумулятора негативно впливає на загальну ефективність опалювального процесу;
- Висока вартість монтажу та реалізації всієї системи.
- Комбінована система сонячного теплопостачання [3]
- Одним із прикладів удосконаленого підходу до використання відновлюваних джерел енергії є комбінована система сонячного теплопостачання. Її конструкція передбачає використання декількох сонячних колекторів, які з'єднані паралельно між собою за допомогою трубопроводів.

У системі передбачено запірно-регулюючу арматуру та циркуляційний насос, що забезпечує постійний рух теплоносія.

Центральним елементом є бак-акумулятор, у якому розміщено теплообмінник, а також патрубки для подачі та зливу теплоносія. Для забезпечення максимально ефективного уловлювання сонячного випромінювання, колектори орієнтовані на південь, південний схід та південний захід, що дозволяє більш рівномірно накопичувати енергію протягом усього дня.

Комбінована теплова система представлена у вигляді схеми на рисунок 1.2.

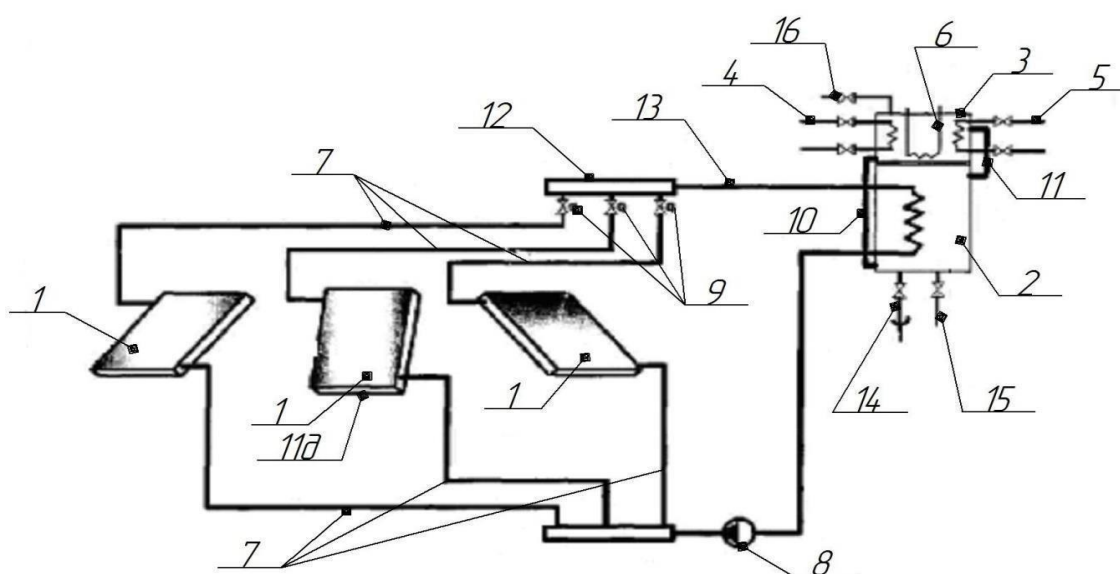


Рис. 1.2 – Структурна модель комбінованої теплової системи

На відміну від раніше розглянутої конструкції [2], дана комбінована система сонячного теплопостачання має важливе конструктивне доповнення

— над основним баком-акумулятором встановлено додаткову накопичувальну ємність. У цій верхній частині розміщено теплообмінники, призначені для систем гарячого водопостачання та опалення, а також електричний ТЕН та патрубок для забору гарячої води. Обидва баки з'єднані

між собою трубопроводами, що забезпечують рух теплоносія між ними.

Принцип роботи системи полягає в наступному. Перед запуском система заповнюється теплоносієм, а автоматичне керування налаштовується відповідно до умов експлуатації. Зранку та ввечері активну роботу виконують два з трьох колекторів — центральний та той, що орієнтований у напрямку до сонця (схід або захід). Вдень активно працюють усі три колектори. Коли теплоносій у колекторах нагрівається, термостатичний клапан відкривається, і насос активує циркуляцію теплоносія, спрямовуючи його в основний бак. Далі тепло передається у додатковий бак, де за потреби може бути догріте електронагрівачем, після чого енергія спрямовується в системи опалення та ГВП через відповідні теплообмінники.

Основні переваги такої системи:

- більш ефективне збереження та використання накопиченого тепла;
- можливість отримувати більше енергії протягом доби завдяки багатовекторному орієнтуванню колекторів;
- зменшення втрат тепла в навколишнє середовище;
- зниження інерційності системи;
- Загальне підвищення продуктивності та ефективності функціонування комбінованої системи.

До недоліків належать:

- складність забезпечення безперебійної роботи сонячних колекторів упродовж усеусього опалювального сезону через обмежену кількість сонячних днів;
- більшення загальної вартості реалізації системи через
- необхідність встановлення додаткового накопичувального бака.

Комбінована система теплозабезпечення з акумуляцією тепла [4]

Комбінована система теплозабезпечення, що поєднує геліогрунтову енергію з тепловим насосом та акумулюючим баком, включає контури сонячного колектора й опалення. На цих контурах встановлено

циркуляційні насоси, теплообмінне обладнання, арматуру для регулювання та перекриття потоку, а також прилади для контролю і вимірювання параметрів.

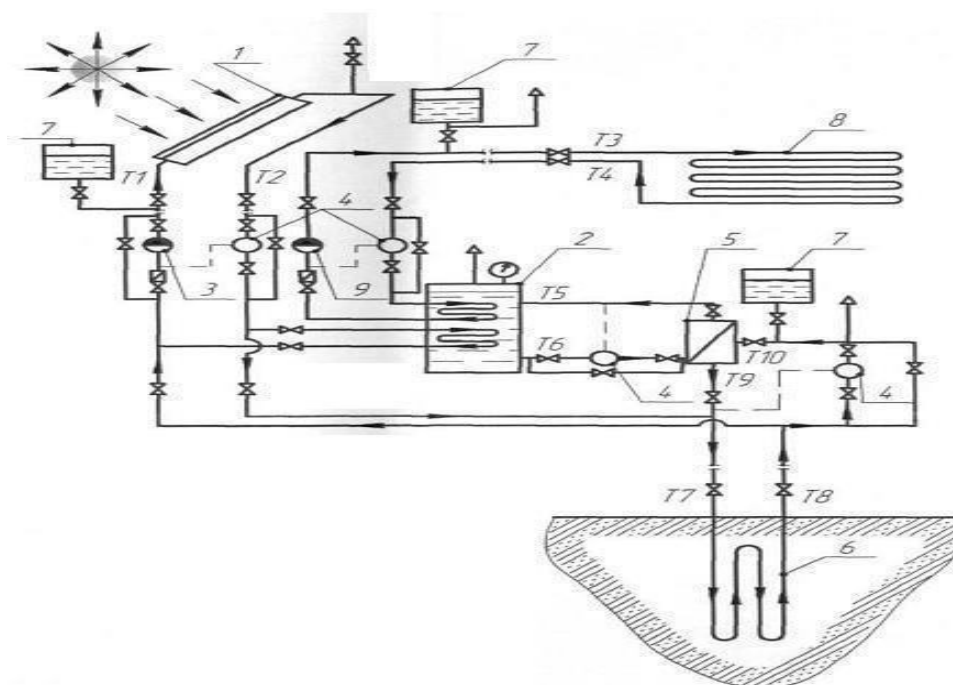
Загальна схема включає три основні гідравлічні контури — обігріву (8), сонячного колектора (1) та теплового насоса (5), що з'єднані через акумуляторний бак (2), а також окремий контур ґрунтового вертикального колектора (6).

Ґрунтовий колектор складається з семи U-подібних теплообмінників, які з'єднані паралельно по гідравлічній схемі. Вони розміщуються у свердловинах: шість з них — у вершинах правильного шестикутника, сьомий — у його центрі.

Для забезпечення циркуляції теплоносія через опалювальну систему використовуються насоси (3, 9). Кількість переданої теплоти контролюється встановленими в усіх контурах теплолічильниками (4).

Схематичне представлення установки можна побачити на рис. 1.3.

Рисунок 1.3 – ілюструє конструктивну схему установки.



**Акумулювальна геліогрунтова теплонасосна система
теплопостачання**

функціонує наступним чином: у зимовий період тепло накопичується у баку-акумуляторі (2) шляхом використання як сонячного випромінювання, так і теплового потенціалу ґрунтового масиву через принцип дії теплонасосної установки (5), до складу якого входять насоси циркуляції для кожного з контурів. У водяному контурі опалення (8), колекторі (1) і тепловому насосі

застосовується вода, тоді як у контурі ґрунтового теплообмінника (6) циркулює розчин пропіленгліколю, що виконує функцію антифризу. Шляхом зміни витрати теплоносія у відповідних контурах підтримується необхідний температурний режим у баку-акумуляторі (2) та контурі «теплої підлоги» (8). Залежно від потреби в теплі система може використовувати окремо або одночасно обидва джерела енергії.

До ключових переваг подібної системної конфігурації належать:

- здатність акумулювати надлишкову теплову енергію влітку з можливістю
- її подальшого застосування зимовий період;
- автоматизоване регулювання роботи
- насоса відповідно до температурних показників зворотного трубопроводу;
- цілорічне стабільне використання геотермальної енергії з ґрунтового середовища.

Автономна система теплопостачання з використанням газового котла, теплообмінного обладнання та сонячного колектора включає в себе газовий котел водогрійного типу, елементи опалення, розміщені безпосередньо у приміщеннях, мембранний розширювальний бак, трубопроводи подачі та зворотного потоку, а також тепловий насос із трубчастим колектором, що акумулює теплову енергію з ґрунтових масивів або водойм.

Гаряче водопостачання забезпечується геліосистемою. Теплова енергія, що генерується сонячним колектором (17), транспортується за допомогою насоса (18) до змішувача (16) водонагрівача (13), де

здійснюється нагрів води. Далі гаряча вода подається через водогрійний котел (1) у пластинчастий теплообмінник (14), де здійснюється нагрівання водопровідної води. Після охолодження вода повертається насосом (23) назад до водонагрівача (13). У цьому режимі вентилі (20, 22) відкриті, вентиль (21) — закритий.

У випадку недостатнього нагрівання води в геліосистемі, її можна додатково підігріти в котлі (1) перед подачею в теплообмінник (14).

Переваги розглянутої конфігурації системи тепlopостачання:

забезпечується економія паливних ресурсів при опаленні та нагріванні води;

скорочується час активної роботи газового водогрійного котла;

система вирізняється простотою обслуговування та високим рівнем надійності;

забезпечується стабільне тепlopостачання та підтримка необхідного температурного режиму в будівлі.

Серед недоліків системи варто відзначити:

обмежена доступність і висока вартість енергоносія, що використовується в основному елементі — газовому котлі;

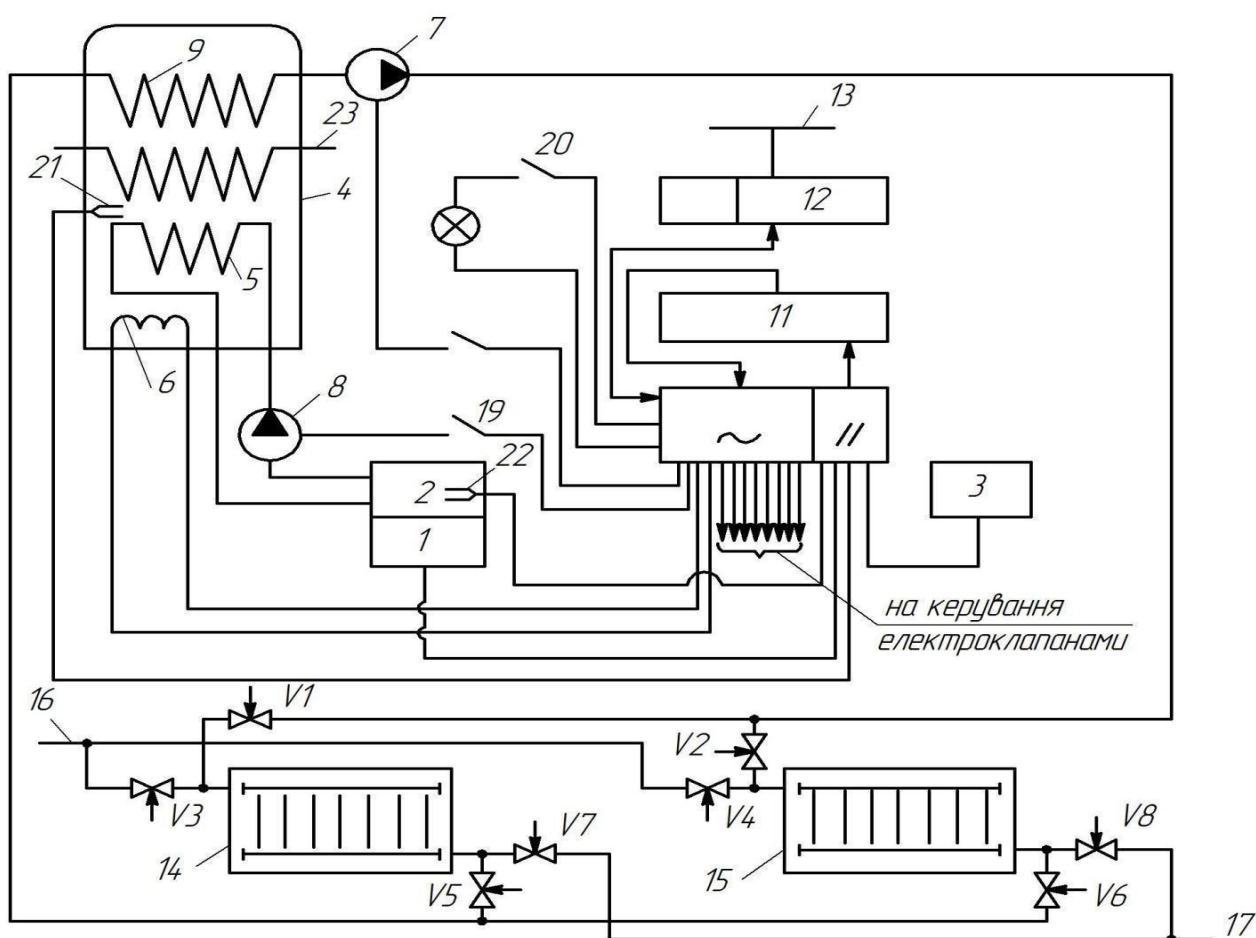
- доволі значні фінансові витрати на реалізацію та монтаж системи.

Система тепlopостачання та ГВП з використанням фотоелектричних панелей на базі сонячного колектора, акумулятор, автоматичний блок регулювання, електричний нагрівач, водяний теплообмінник, систему магістралей, обладнаних циркуляційними насосами; додатково оснащена допоміжними електричними клапанами, розташованими на вході і виході опалювальних радіаторів, і реверсивним лічильником з таймером.

Робота системи здійснюється по сезонному графіку в трьох режимах.

Схематичне зображення системи, що працює на основі фотоелектричної батареї, представлено на рисунку 1.5.

Рисунок. 1.5 – Схема дії системи опалення та ГВП



Система містить комбіновану фотоелектричну батарею, що складається з фотоелектричної частини 1 і теплового колектора 2, електричний акумулятор 3, бак- акумулятор 4, під'єднаний до теплового колектора 2 за допомогою колекторного контуру 5, електричний нагрівач 6, циркуляційні насоси 7 і 8 (відповідно колекторного і опалювального контурів), опалювальний контур 9, блок автоматичного регулювання 10, що складається з субблоків постійного і змінного струмів, інвертор 11, лічильник електричної енергії з таймером 12, централізована електромережа 13, опалювальні радіатори 14 і 15,

подавальна

16 і зворотна 17 магістралі централізованої теплової мережі, вимикачі 18, 19 і 20, датчики температури 21 і 22, контур гарячого водопостачання 23, електричне навантаження 24 (у вигляді ламп освітлення), електричні клапани VIV8.

Перевагами даної схеми системи теплопостачання є:

- незалежність її від надходження виключно сонячної енергії;
- наявність резервного теплопостачання на випадок пікових навантажень,
- аварій, ремонтних робіт;
- необмеженість її застосування за рахунок вищеперерахованих переваг.

Недоліками є:

- залежність від електропостачання;
- значні експлуатаційні витрати за рахунок більшого споживання електричної енергії.

Мотивація впровадження індивідуального теплового пункту та переходу на електричне опалення

Інтенсивне будівництво в міській інфраструктурі, будівництво заміських будинків, виробничих та комерційних об'єктів вимагає нових технологій і сучасних засобів інженерного забезпечення. При цьому одним з найважливіших елементів інженерного забезпечення є опалення, і так як ціни на газ зростають, необхідно використовувати як джерела тепла альтернативні ресурси, зокрема електричні генератори тепла.

В десяти розвинутих західних країнах споживання енергії будівлями складає близько 40% від повного річного витрачання первинних енергоносіїв. До прикладу, у Вінницькій області із 1468 сіл повністю газифіковано 128 і частково 29, тобто кількість газифікованих населених пунктів складає ледь 10% від загального їх числа. Принципово не покращує становище наявна система централізованого опалення і гарячого водопостачання, бо 588 діючих котелень (1 – центральна, 42 – районних і 545 групових та місцевих)

забезпечують теплом близько 20% населення області. Аналогічний стан склався також в цілому по Україні. Тому пошук науково обґрунтованих, технічно можливих і економічно доцільних рішень проблеми теплопостачання будівель був і залишається однією з важливих соціальних задач, яка є актуальною не лише для України, а й для інших країн з холодним і помірним кліматом.

Серед автономних систем опалення нову якість знайшло пряме електроопалення – перетворення електроенергії в тепло без проміжних теплоносіїв.

І держава, і споживачі впритул підійшли до необхідності практичного впровадження в повсякденний побут електрообігрівачів, які споживають нічну, більш дешеву електроенергію, а також автоматики, що контролює та враховує індивідуальні витрати електроенергії.

1.3 Аналіз найбільш раціональних методів теплогенерації

1.3.1 Огляд методів виробництва теплової енергії

Отримання теплової енергії може здійснюватися як шляхом прямого перетворення інших форм енергії в теплову, так і непрямим способом — спочатку накопичуючи або генеруючи іншу форму енергії, яку зручно трансформувати у тепло в міру потреби. У цьому контексті термін «види енергії» вживається не у загальнонауковому сенсі (як, наприклад, гравітаційна, електромагнітна або ядерна енергія), а у прикладному значенні, як спосіб класифікації джерел, що використовуються для отримання тепла [8] Враховуючи зазначене, до прямих методів отримання теплової енергії доцільно включити наступні варіанти [8]:

Механічно-теплові процеси — виділення тепла відбувається через зовнішнє тертя тіл або внутрішнє тертя в рідких і газоподібних середовищах.

Електричні методи тепловиділення:

а) нагрів провідників при протіканні через них електричного струму (електронагрів);

б) теплові втрати, що виникають через діелектричний гістерезис.

Магнітно-теплові способи:

а) виділення тепла при проходженні струмів високої частоти; б) втрати на гістерезис у феромагнітних матеріалах.

-Оптичні (світлові) способи — теплова енергія утворюється внаслідок поглинання та розсіювання електромагнітних хвиль різного спектра природного або штучного походження.

-Хімічні джерела тепла — контрольовані екзотермічні реакції, які супроводжуються виділенням енергії у вигляді тепла.

До опосередкованих методів отримання теплової енергії відносять [8]:

а) виробництво електроенергії за допомогою різних типів електростанцій, яка згодом може бути трансформована у тепло за допомогою вже згаданих прямих методів;

б) біологічний синтез органічних сполук, що відбувається в природних умовах.

1.3.2 Оцінка ефективності сучасних способів генерування тепла

1-Генерація тепла шляхом зовнішнього тертя тіл — цей метод був відомий ще у прадавні часи, однак на практиці майже не застосовується.

Основні обмеження його використання пов'язані з:

- низькою ефективністю перетворення енергії;
- технічною складністю впровадження;
- шкідливістю процесу для навколишнього середовища або обладнання;
- складністю управління процесом.

Зазначені недоліки роблять цей метод непридатним для цілей сучасних теплоенергетичних систем.

Використання внутрішнього тертя в рідинах — вперше вивчалось Джоулем під час досліджень механічного еквівалента теплоти. Сьогодні здебільшого розглядається як побічне, небажане явище у гідравлічних системах. У сфері генерації тепла практичне застосування цього принципу поки що обмежене через:

неповне теоретичне розуміння процесів механіко-термічного перетворення в рідинному середовищі (зокрема, через недосконалість теорії турбулентності);
відносно складну технічну реалізацію.

Попри це, метод має суттєвий потенціал завдяки своїй екологічній безпечності, високій надійності та можливості інтеграції з альтернативними джерелами енергії, як-от вітрові електростанції та теплові акумулятори. спалювання дров, торфу та вугілля залишається одним із традиційних методів отримання тепла. Його переваги — це легка доступність палива, простота обладнання й автономність. Однак такий спосіб має суттєві недоліки:

- значні трудові витрати на заготівлю палива й обслуговування системи;
- низький ККД;
- підвищений ризик пожеж і отруєння чадним газом;
- значне забруднення довкілля продуктами згоряння.

З огляду на це, пошук альтернативних джерел енергії та сучасних рішень для теплозабезпечення є нагальною потребою.

Спалювання рідкого палива та природного газу забезпечує стабільне та ефективне теплозабезпечення і гаряче водопостачання. Ці способи легко автоматизуються, що мінімізує трудові витрати, і мають кращі показники безпеки, ніж пічне опалення на твердому паливі. Однак їм властиві загальні недоліки всіх методів, заснованих на спалюванні органічного палива, зокрема — інтенсивне споживання атмосферного кисню.

За оцінками, в Україні щороку для побутових потреб використовується близько

60 млн т умовного палива (вугілля, нафтопродукти, газ) 【10】 . Окрім цього, приблизно 40 млн т.у.п. — це дрова, якими опалюється майже половина сільських осель 【12】 . Загальне споживання органічного палива сягає 100 млн т.у.п., спалювання якого потребує такої кількості кисню, яку продукує 20 млн гектарів лісів.

Таблиця 1.1 – Способи генерації тепла

№ п/п	Способи генерації тепла	Можливості задоволення потреб в:				Безпечність				Еколо- гічність
		обігріванні	гарячому водопоста-	Кондиціону-	приготуванні їжі	електро-	пожежо-	вибухо-	отруєння газами	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Зовнішнє тертя тіл	0	0	-	-	+	-	0	-	-
2	Внутрішнє тертя в рідинах	+	+	0	-	+	+	+	+	+
3	Внутрішнє тертя в газах	+	+	+	0	+	+	+	+	+
4	Тепловий насос	+	+	+	-	+	+	0	+	+
5	Пряме електронагрівання	+	+	0	+	-	-	+	+	0
6	Електричний гістерезис	0	0	0	+	-	0	0	+	0
7	Струми високої частоти	+	+	0	+	+	+	+	+	+
8	Магнітний гістерезис	0	0	-	+	0	0	0	+	0
9	Сонячна радіація	0	+	+	-	+	+	+	+	+
10	Поглинання радіохвиль	0	0	-	+	0	0	0	+	-
11	Лазерне опромінення	+	+	-	+	+	0	0	+	+
12	Спалювання дров, торфу	0	0	-	+	+	-	0	-	-

13	Спалювання вугілля	0	0	-	+	+	-	0	-	-
14	Спалювання нафтопродуктів	+	+	-	+	+	-	-	0	-
15	Спалювання газу	+	+	-	+	+	0	-	0	-

Таблицю 1.1 складено методом експертних оцінок виходячи з чисельних експериментальних даних та теоретичних узагальнень, що наведені у вище зазначеній літературі. При цьому оцінки з обраних показників виставлено в таблицю за шкалою: висока (+), задовільна (0), низька (-).

Аналіз даних цієї таблиці, виходячи з обраних критеріїв, дозволяє зробити окремі узагальнення та висновки:

-Найбільш повно відповідають вимогам безпечності і екологічності такі способи генерації тепла, як:

- а) сприймання сонячної радіації;
- б) внутрішнє тертя в газах і рідинах;
- в) теплові насоси;
- г) індукційний нагрів.

Всі інші способи в значній мірі екологічно шкідливі та небезпечні в реалізації. За своїми функціональними можливостями щодо здатності генерувати необхідну потужність і забезпечувати потреби в надійному обігріванні будівлі, гарячому водопостачанні, приготуванні їжі та кондиціонуванні повітря жоден із вказаних способів неспроможний в повній мірі задовольнити всі вимоги, що пред'являються до автономних систем теплозабезпечення.

Проте, в залежності від призначення будівлі (житлова, виробнича, адміністративна і т. д.) є можливість вибрати спосіб теплового керування або комбінацію двох чи більше способів, які здатні забезпечити повний набір функціональних вимог до системи постачання тепла для даної будівлі. [3]

За оцінками експертів Енергетичного центру Європейського союзу і українських фахівців із загальної кількості енергії, що використовується для

побутових потреб протягом року, 75-85 % витрачається на обігрівання будинків та постачання їх гарячою водою. А тому способи генерації тепла, що включені до табл. 1.1, які прийнятні для наших цілей, за ступенем задоволення групи функціональних вимог можна розмістити у наступній послідовності:

- а) внутрішнє тертя в газах та рідинах; б) теплові насоси;
- в) індукційний нагрів;
- г) пряме електронагрівання;
- д) сприймання сонячної радіації;
- є) спалювання газу та нафтопродуктів.

1.4 Вибір ефективного електричного котла: обґрунтування доцільності індукційних моделей

Хоча ТЕНові котли постійно поліпшуються, їхня повна надійність все ще є суттєвою проблемою для визнання їх оптимальним методом електричного нагріву. Особливо це стосується котлів великої потужності, де ризик відмови значно вищий. Тому сьогодні більшість інженерів фокусується не на вдосконаленні ТЕНових котлів, а на розробці альтернативних рішень для електричного нагріву [5].

Електродні нагрівальні системи також мають свої проблеми, що пов'язані з високими експлуатаційними витратами, а саме:

- необхідністю регулярної заміни електродів через корозійні процеси;
- постійним хімічним аналізом води та підготовкою теплоносія;
- висококваліфікованим технічним наглядом та обслуговуванням.

Індукційний нагрів, як один з типів електричних котлів, має значну кількість переваг [6]:

- ККД до 98%, повна контрольованість процесу нагріву;
- компактні розміри та помірні капіталовкладення;
- відсутність проблем, пов'язаних із зберіганням -та транспортуванням палива.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика електричних котлів

Характеристика	Тенові нагрівачі	Електроодні нагрівачі	Індукційні нагрівачі
Витрати при експлуатації			
Строк служби	Досить обмежений	Значний, але електроодні потребують постійної заміни через електрохімічну корозію	строк служби – 100000 годин (30 років)
Необхідність заміни деталей	Регулярної заміни потребують тenci, які з часом виходять з ладу, або втрачають потужність	Регулярної заміни потребують електроодні. Характеристика надання зберігається протягом 60-80 годин, потім потужність зменшується через накопичення відкладень низької електропровідності	При правильній експлуатації принципально відсутні елементи, що потребують заміни
Необхідність підготовки теплоносія під час експлуатації	В процесі експлуатації якість нагріву не залежить від підготовки теплоносія	Необхідний постійний водно-хімічний аналіз теплоносія, в протилежному випадку потужність котлів може знизитись від якості підготовки теплоносія залежить безпека роботи нагрівача	В процесі експлуатації якість нагріву не залежить від підготовки теплоносія
Вимоги до обслуговуючого персоналу	Потребує висококваліфікованого нагріву та обслуговування, яке необхідне кожного разу при заміні тенов	Потребує висококваліфікованого нагріву та обслуговування, яке необхідне кожного разу при заміні тенов	Нагрівач потребує висококваліфікованого монтажу і нагріву, та практично не потребує обслуговування
Ризик порушення технологічного процесу	Через невисоку надійність існує значний ризик порушення технологічного процесу. Тому існує необхідність у створенні резервної системи	Через невисоку надійність існує значний ризик порушення технологічного процесу. Тому існує необхідність у створенні резервної системи	Завдяки високій надійності, ризик порушення технологічного процесу мінімальний
Обмеження на використання			
Пожежна безпека	Температура на тени досягає 600-700°C, що збільшує пожежну небезпеку. Мабуть місце місцеві перегріву	Якщо питомий опір води вище 100 Ом·см, то можливе утворення "гримучого газу"	Відсутні місцеві перегріву. Температура теплообмінника перевищує температуру теплоносія не більше ніж на 20-30°C
Електрична безпека	1 клас електробезпеки	0 клас електробезпеки. Необхідне екранування і інші спеціальні заходи захисту	2 клас електробезпеки. На теплообмінному агрегаті відсутній електричний потенціал
Максимальна температура нагріву і потужність установок	Можливість забезпечити високі температури (до 800°C). Одична потужність установок не перевищує 100 кВт	Максимальна температура обмежується максимальною температурою пари. Одична потужність – до 1000 кВт і більше	Максимальна температура при нагріві з проміжним теплоносієм – 300°C, при прямому нагріванні – 500°C. Одична потужність – до 500 кВт.
Технологічна ефективність			
Якість готової продукції	Через можливість місцевого перегріву і ризик порушення технологічних параметрів існує ризик отримання продукту з низькою якістю	Через складність забезпечення стабільних температурних параметрів можливе зниження якості теплоносія	Стабільність температурних параметрів, висока керованість нагрівом і рівномірний нагрів по всьому об'єму середовища дає можливість отримати високоякісний продукт
Універсальність	Є можливість нагріву з проміжним теплоносієм та прямої нагрів	Використовується лише як парогенератор та для нагріву води	Є можливість використовувати як в системах з проміжним теплоносієм, так і без нього

Таким чином, з огляду на порівняльну характеристику, встановлення індукційних нагрівачів є більш вигідним варіантом для автономних систем тепlopостачання.

Індукційне обладнання складається з трансформатора, що має два контури. Первинний контур — це магнітна система, а вторинний — теплообмінник [6]. Під впливом змінного магнітного поля, створеного магнітною системою, у металі теплообмінного пристрою виникають індуковані струми, які спричиняють його нагрівання. Тепло, яке генерується на нагрітому теплообміннику, передається до середовища, що нагрівається.

У такій системі відсутні елементи, які зношуються, і термін служби обладнання залежить практично лише від ресурсу електромагнітної котушки. Тому така установка є надійною і довговічною.

Принцип роботи цього нагріву дозволяє використовувати таке обладнання в різноманітних процесах, де необхідне ефективне автономне тепlopостачання.

1. Обігрів з акумуляцією енергії: є економічно ефективним і безпечним методом обігріву, що дозволяє оптимізувати витрати на електроенергію за рахунок використання тарифів, які є дешевшими в нічний час. Основною особливістю цієї технології є те, що накопичення тепла здійснюється під час дії пільгового тарифу (з 23:00 до 07:00), а віддача тепла відбувається протягом всього дня.

Добовий цикл роботи акумуляційних обігрівачів можна поділити на два етапи:

2. Накопичення (нагрівання): під час цього етапу електрична енергія використовується здебільшого для нагріву акумулюючого блоку (до 600 °C), частково – для обігріву приміщення.

3. Розрядка: тепло передається для обігріву приміщення шляхом теплового випромінювання або природної конвекції. У динамічних обігрівачах також може використовуватися примусове видування нагрітого повітря вентилятором, який контролюється програматором температури. Завдяки використанню

PCM-матеріалів та вдосконаленим теплоізоляційним рішенням, акумуляція енергії триває до 8 годин, а віддача тепла без додаткових витрат енергії може тривати понад 18 годин.

Крім класичних рішень, з 2025 року зростає популярність акумуляційних теплових насосів, які об'єднують технології теплових акумуляторів і низькотемпературних джерел тепла. Це дозволяє ще ефективніше використовувати електроенергію, значно знижуючи витрати в порівнянні з традиційними електричними обігрівачами.

За умов наявності приладу обліку споживаної електроенергії за періодами доби, розрахунки з населенням здійснюються за такими тарифами:

Двотарифний тариф:

0,7 тарифу в нічний час (з 23:00 до 07:00);

повний тариф (з 07:00 до 23:00).

Тризонний тариф:

повний тариф у напівпіковий період (з 07:00 до 08:00, з 11:00 до 20:00 та з 22:00 до 23:00);

0,4 тарифу в нічний період (з 23:00 до 07:00);

1,5 тарифу під час максимального навантаження енергосистеми (з 08:00 до 11:00 та з 20:00 до 22:00).

З'являються також гнучкі енергетичні контракти, що дозволяють коригувати режим роботи обігрівачів відповідно до ситуації на ринку електроенергії, що сприяє додатковій економії на опаленні. Завдяки використанню IoT-технологій і хмарних платформ, сучасні акумуляційні системи можуть бути інтегровані з енергомережами та коригувати графік роботи згідно з балансуванням системи.

1.5 Теплоакумулююче опалення: принцип дії та перспективи застосування

Залежно від джерела тепла [17], теплові насоси можна поділити на кілька типів:

Геотермальні (замкнутого або відкритого типу), що використовують тепло землі або ґрунтових вод;

- Повітряні, де тепло забирається з повітря;

Теплові насоси, які працюють на вторинному теплі, що особливо вигідно для промислових об'єктів, де необхідна утилізація відходів тепла. Також теплові насоси класифікуються за типом теплоносія.

«повітря-повітря»;

«вода-вода»;

«ґрунт-вода»;

«повітря-вода»;

«вода-повітря»;

«ґрунт-повітря».

Теплові насоси, що працюють на CO₂ (R744), характеризуються високою ефективністю навіть за низьких температур, що робить їх ідеальними для використання в холодних кліматах. Також активно розвиваються комбіновані системи, які поєднують теплові насоси з сонячними колекторами чи технологіями рекуперації тепла, що дозволяє підвищити загальну енергоефективність.

Зображення горизонтального ґрунтового колектора представлено на Рисунок 1.8.



Рисунок.1.8 – Горизонтальний колектор

Ґрунт вважається найнадійнішим джерелом розсіяного тепла. На глибинах, нижчих за рівень промерзання, його температура залишається сталою незалежно від погодних умов. У такі шари закладається трубопровід, по якому циркулює безпечна для людини та довкілля рідина. Зазвичай труби розміщують на глибині близько 1 метра, дотримуючись відстані між ними у межах 0,8–1 метра. Підготовка ґрунту, зокрема додаткове засипання чи інші роботи, як правило, не потребується. Приблизна теплова потужність, яку можна отримати з кожного погонного метра трубопроводу, становить 20–30 Вт [4].

Вертикальний варіант ґрунтового колектора зображено на Рисунок 1.9.



Рисунок 1.9 – Колектор вертикального типу

Конструкція складається з довгих труб, які занурюються у глибоку свердловину на 50–150 метрів. Для встановлення такої системи потрібно мінімум вільної площі, однак її реалізація передбачає витратні бурові роботи. На такій глибині температура залишається сталою — приблизно 9 °С, що забезпечує вищу ефективність цього типу колектора [4].

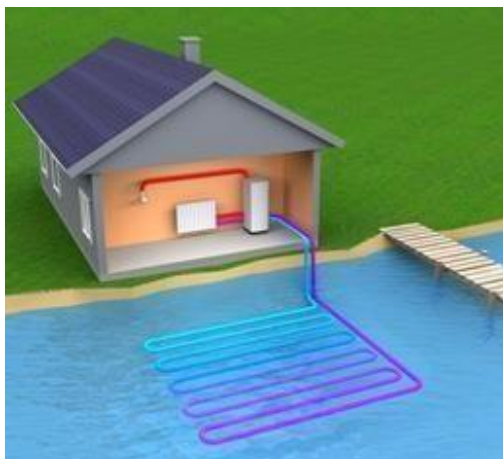


Рисунок 1.3 система типу "вода-вода" з використанням водяного теплового насоса (водяного колектора).

У такій конфігурації трубопровідний контур розміщується на дні природної водойми. Серед основних переваг цього підходу – компактність зовнішнього контуру, стабільна позитивна температура води навіть у зимовий період, а також підвищений коефіцієнт перетворення енергії тепловим насосом. Приблизна теплова потужність, яку можна отримати з одного метра труб, становить 30 Вт.

Щоб уникнути спливання трубопроводу, до кожного метра прикріплюється вантаж масою близько 5 кг [5].

Схематичне зображення повітряного колектора подано на рисунку 1.10. Рисунок 1.10 показує систему типу "повітря-вода" з використанням повітряного теплового насоса (повітряного колектора).

Графічне зображення спірального колектора наведено на рисунок. 1.11.

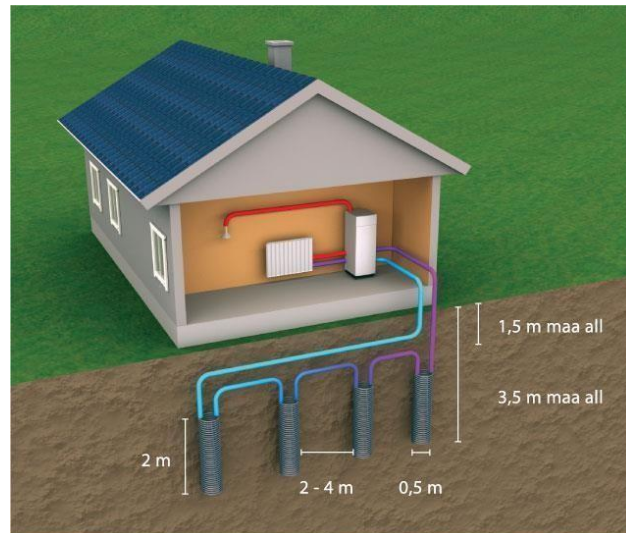


Рисунок 1.11 –конструкція спірального колектора.

Спіральні колектори встановлюються в умовах обмеженого простору, де неможливо використовувати ґрунтовий колектор. Спіралі виготовляються довжиною 2 і 3 метри. При розрахунку спірального колектора необхідно враховувати тип ґрунту. Для сухих ґрунтів з двометрової спіралі можна отримати потужність 250-300 Вт, а для вологих ґрунтів 400-500 Вт [5].

Для забезпечення гарячого водопостачання в даному будинку оптимальним варіантом є використання теплового насоса з вертикальним ґрунтовим колектором. Глибина вертикального ґрунтового колектора (зонда) повинна відповідати енергетичним потребам. Вертикальний теплообмінник (зонд) має забезпечувати необхідну кількість енергії для ефективної роботи теплового насоса [5].

Процес теплообміну між ґрунтом і вертикальним теплообмінником показано на рисунку 1.12

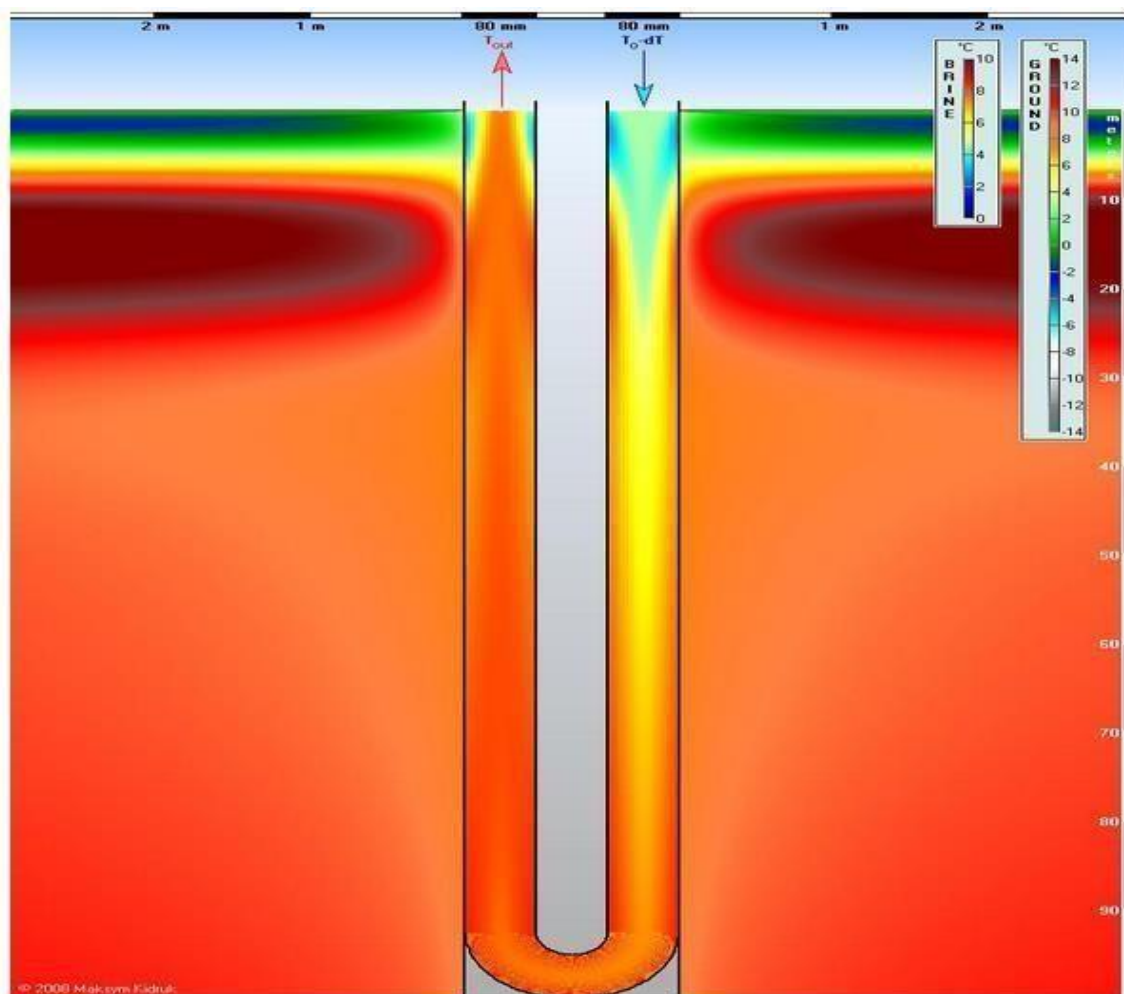


Рисунок 1.12 теплообмін між ґрунтом і вертикальним теплообмінником.

Ключовим елементом системи гарячого водопостачання є тепловий насос. Вдень воду додатково підігріватимуть сонячні колектори, що допоможе знизити споживання електричної енергії тепловим насосом.

Вакуумні колектори застосовують у випадках, коли необхідно досягти високих температур або у складі комбінованих систем, що забезпечують як нагрів води, так і опалення будівель. В Україні наразі поширене встановлення як трубчастих вакуумних колекторів, що характеризуються підвищеним коефіцієнтом корисної дії та зниженими тепловими втратами, так і плоских моделей. Термосифонні геліосистеми зазвичай експлуатуються в теплу пору року — з весни до осені. Водночас уже

розроблені вдосконалені варіанти таких систем, придатні для цілорічного використання за умов відсутності сильних морозів.

Плоский сонячний колектор являє собою заklenу, добре теплоізолювану панель, всередині якої розміщена теплозбиральна пластина та трубки з теплоносієм, що транспортує отримане тепло[8].

Схематичне зображення плоского колектора представлено на рисунку 1.14.

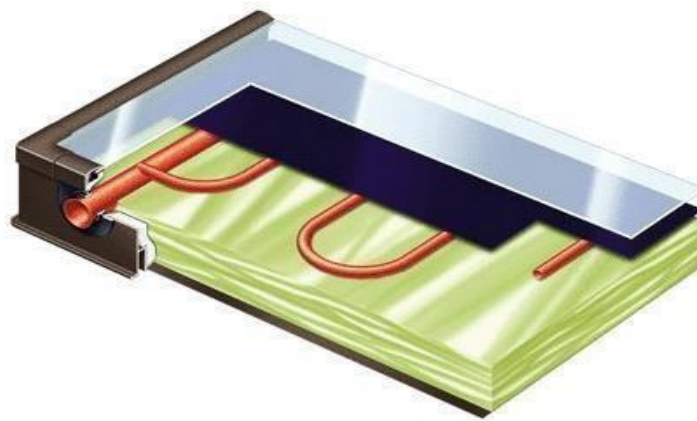


Рисунок 1.14 – Сонячний колектор із пласкою конструкцією

Поглиняльна пластина в таких колекторах має спеціальне високоселективне покриття, що забезпечує ефективне засвоєння сонячного випромінювання. З метою зменшення теплових втрат нижня частина корпусу та бокові стінки покриті теплоізоляційним шаром.

Втім, незважаючи на наявність захисного скла, плоскі сонячні колектори зазнають суттєвих тепловтрат саме з цього боку, особливо в холодну пору року, коли температура теплоносія значно перевищує температуру навколишнього середовища.

Вакуумні трубчасті колектори мають кілька варіантів конструкційного виконання, проте їх принцип дії нагадує термос: одна скляна трубка розміщена всередині іншої з більшим діаметром, а між ними знаходиться вакуум — один із найефективніших теплоізоляторів (див. рис. 1.15)

=

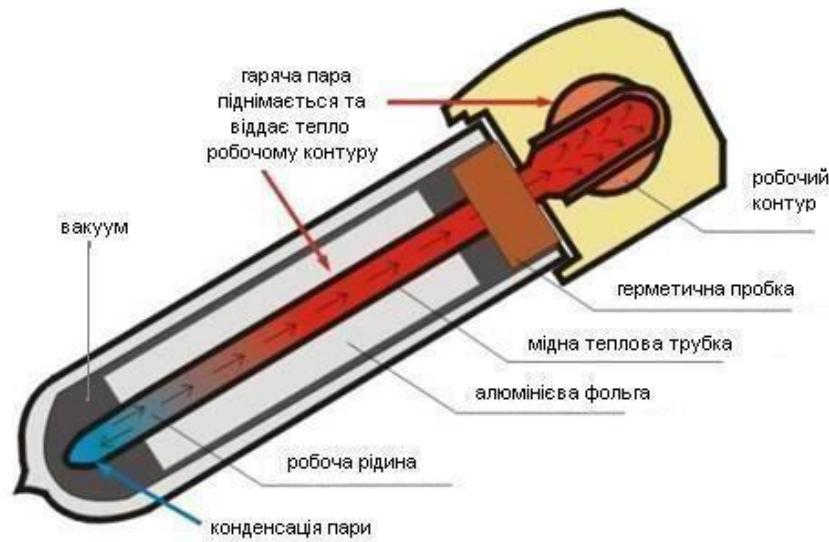


Рисунок 1.15 – Сонячний колектор вакуумно-трубчастого типу

Завдяки такій конструкції теплові втрати, спричинені випромінюванням при підвищенні температури теплоносія, залишаються мінімальними. Усередині кожної внутрішньої трубки розташована мідна пластина-поглинач із геліотитановим селективним покриттям, що забезпечує високий рівень засвоєння сонячної енергії та незначне випромінювання тепла. Внутрішня частина колектора містить теплову трубку, заповнену спеціальним рідким агентом, який випаровується при нагріванні. Через «сухе» з'єднання ця трубка підключається до конденсаторного елемента в теплообміннику типу «труба в трубі», що дозволяє легко замінювати окремі вакуумні трубки без демонтажу всієї системи[9].aa

Максимальна робоча температур системи регулюється за рахунок властивостей робочої рідини всередині теплової трубки та спеціальної конфігурації накопичувального модуля. Термосифонні геліосистеми використовуються для компенсації сезонних теплових навантажень роботи в теплі місяці року, для приготування гарячої води на обігрів води у відкритих басейнах тощо (див.рисунок.1.16).



Рисунок 1.16 – Термосифонна система сонячного теплопостачання

Ця система монтується на будь-якому майданчику, добре освітленому сонцем і орієнтованому на південь, і підключається до звичайної трубопроводної мережі, як стандартний електричний водонагрівач. Використання вакуумних труб з багатошаровим покриттям і тепловою трубкою дозволяє ефективніше передавати тепло від сонця до води, а також забезпечує стабільну роботу системи, навіть якщо кілька вакуумних труб вийдуть з ладу.

Огляд конструктивних рішень та теоретичних досліджень зимових садів

1.5.1 Теплові насоси: класифікація, конструктивні особливості

Класифікація зимових садів [20, 21]:

а) За об'ємно-планувальним рішенням:

1. Багатопрольотні (блокові);

Однопрольотні (ангарні): односкатні, двоскатні, багатоскатні. б)

За способом вирощування рослин:

Комбіновані;

Гідропонні;

Ґрунтові: терасні, площинні.

в) За способом утворення необхідного мікроклімату всередині споруди:

Опалювальні: з використанням традиційних, альтернативних і комбінованих джерел енергії;

Типи обігріву «зимових садів»

Залежно від типу обігріву зимові сади поділяються на кілька видів:

З обігрівом. Якщо «зимовий сад» планується для цілорічного використання як житлове приміщення, він потребує обігріву. Втрати тепла можна зменшити шляхом правильного вибору типу скління.

З періодичним обігрівом.

Холодні. Вони виконують роль термічного буфера між вулицею та основною будівлею. Такий підхід зменшує втрати енергії, оскільки різниця температур між будівлею та зимовим садом менша, ніж між будівлею і зовнішнім середовищем. Це дозволяє знизити витрати на опалення, але не дає можливості використовувати «зимовий сад» як житлову зону протягом усього року. У таких садах можна застосовувати просте одинарне скління. При дуже низьких зовнішніх температурах, щоб уникнути конденсації та утворення льоду, в неопалювальних зимових садах зазвичай встановлюють теплоізоляційне скління.

Типи обігріву зимових садів

З обігрівом: Така система підходить для використання зимового саду протягом усього року, що потребує вискоєфективних енергозберігаючих технологій, таких як низькоемісійне скло (Low-E), теплові насоси та інтелектуальні системи для контролю мікроклімату.

-З періодичним обігрівом.

-Холодні: Ці системи виконують роль буферної зони між зовнішнім середовищем та основною будівлею, допомагаючи зменшити теплові втрати.

-Класифікація систем повітряного опалення:

-За типом теплоносія: водяна, парова, електрична, а також з використанням низькотемпературного теплоносія.

- За способом обігріву: з повною чи частковою рециркуляцією повітря.
- За методом подачі повітря: з централізованою або розосередженою подачею нагрітого повітря.
- За рівнем автоматизації: традиційні, розумні системи (IoT), адаптивні.
- За використанням відновлюваних джерел енергії: з використанням сонячної енергії, теплових насосів або геотермальних джерел.

Сучасні повітряні системи опалення часто включають модулі для рекуперації тепла, що допомагає знижувати енергоспоживання, а також забезпечують опалення та охолодження завдяки тепловим насосам.

Використання датчиків для контролю температури, вологості та CO₂ дозволяє автоматично коригувати мікроклімат зимового саду.

Переваги повітряного опалення:

- Зменшення капітальних витрат і металоємності.
- Зниження теплових втрат на 15-30%.
- Підвищення ефективності роботи за допомогою автоматичного регулювання.
- Покращення світлового режиму та можливість охолодження влітку.
- Інтеграція з розумними системами для автоматичного контролю температури, вологості та рівня CO₂.
- Використання енергоефективних теплових насосів і відновлюваних джерел енергії.

Недоліки повітряного опалення:

- У системі з централізованою подачею повітря можуть утворюватися холодні зони, що недопустимо для санітарно-гігієнічних та агрономічних стандартів.

-У системах з розосередженою подачею повітря є проблема охолодження нагрітого повітря через значну протяжність повітропроводів.

Альтернативні джерела енергії:

-Геотермальна енергія: Використання геотермальної енергії для обігріву зимових садів може бути здійснене через пряме підключення до системи опалення або через використання проміжних теплообмінників.

Геотермальні системи підвищують ефективність завдяки тепловим насосам та ізоляційним матеріалам.

-Вітрова енергія: Для ефективного використання вітрової енергії потрібні сприятливі вітрові умови, такі як на морських узбережжях чи у високогірних районах.

-Сонячна енергія: Сучасні технології включають високоефективні сонячні колектори та інтелектуальні системи керування для оптимізації теплового балансу зимового саду. Скло, яке використовується в зимовому саду, може акумулювати сонячну енергію, що допомагає забезпечити необхідне тепло.

Тепломасообмінні процеси:

Процеси тепломасообміну в зимових садах вважаються стаціонарними, оскільки температура змінюється повільно в нічний час.

Важливу роль відіграє контроль мікроклімату за допомогою автоматичних систем, що регулюють температуру, вологість та концентрацію CO₂ для підвищення енергоефективності.

Процеси тепломасообміну в будівлях для вирощування рослин з використанням ґрунтового обігріву можна описати через систему рівнянь теплового балансу [9].

Рівняння теплового балансу, що описує поверхню ґрунту:

$$Q_c + Q_{mn} + Q_{ak} + Q_{kn} + k_n Q_{pn} + Q_{no} + Q = 0_v$$

рівняння теплового балансу для об'єму споруди:

$$Q_{kn} + Q_{kp} + Q_{ko} + Q_{dk} + (1 - k_n) + (Q_{pn} + Q_{no} + Q_{po}) + Q_{nn} = 0; \quad (1.2)$$

Рівняння теплового балансу для
огороджувальних елементів конструкції:

$$Q_{\partial k} + k_n Q_{po} + k_n Q_{no} + Q_{вк} + Q_k + Q_{ef} + Q_{ло} = 0; \quad (1.3)$$

Рівняння вологостатичного балансу для
внутрішнього простору споруди:

$$G_n + G_{\partial} + G_k + G_g = 0; \quad (1.4)$$

де Q_g , Q_v , $Q_{ко}$, $Q_{нп}$, Q_k – теплові потоки, що виникають від ґрунтового обігріву в приміщенні, процесу випаровування, роботи калориферів повітряного опалення, нагрівання повітря вентиляцією та конденсації, виміряні в Вт/м² площі приміщення.

$Q_{кп}$, $Q_{кр}$, $Q_{\partial k}$, $Q_{вк}$ – конвективні теплові потоки, що виникають на поверхні ґрунту, на огороджувальній конструкції, від реєстрів шатрового обігріву та з огороджувальною конструкцією назовні, виміряні в Вт/м².

$Q_{рп}$, $Q_{но}$, $Q_{ло}$, $Q_{ро}$, Q_{ef} Теплові потоки, що випромінюються від реєстрів шатрового обігріву, передаються на ґрунт, простір між ним та огороджувальною конструкцією, а також на будівлі, що оточують споруду. Також відбувається

передача тепла від реєстрів обігріву на огороджувальну конструкцію та в навколишнє середовище, вимірюється в одиницях Вт/м².

1.6 Опис об'єкта, технічні можливості та економічне обґрунтування

У межах даної роботи розглядається підбір та проведення теплотехнічного розрахунку системи опалення і гарячого водопостачання для житлової будівлі, що налічує 22 поверхи та розташована у місті Київ.

Будівля включає 22 надземні рівні та цокольний поверх. Приміщення мають різне функціональне призначення: житлові кімнати (спальні), вітальні, допоміжні приміщення, кухні, ванні кімнати та санвузли.

Висота одного поверху становить 3 метри, висота цокольного поверху – 2,8 метра. Загальна площа забудови дорівнює 8829 м², а сумарний об'єм будівлі – 26405 м³.

Опалювальна система побудована на базі восьми вертикальних стояків,

від яких здійснюється горизонтальне розведення трубопроводів до опалювальних приладів на кожному поверсі. На приладах встановлені терморегулюючі клапани.

1.7 Визначення необхідної теплової потужності об'єкта

Запроєктована система опалення є замкнутим контуром, у якому циркулює теплоносієм — вода. Підігрів теплоносія здійснюється в автономному тепловому пункті шляхом використання індукційних котлів. При проходженні через котли вода нагрівається до проєктної температури подачі та звороту — 90/70 °C.

Регулювання об'єму подачі теплоносія від котлів реалізується за допомогою триходового клапана, встановленого на вході подаючої магістралі. Після нагріву теплоносія потрапляє до акумулювального бака, де відбувається стабілізація температури, а далі спрямовується до опалювальних приладів. Охолоджена вода через зворотний трубопровід повертається на повторне нагрівання.

Автономний тепловий пункт передбачається розмістити в приміщенні цокольного поверху. Як основне джерело тепла використовуються індукційні котли типу «Титан» — у кількості чотирьох робочих одиниць із додатковим резервним котлом (1 шт.).

Для організації гарячого водопостачання передбачено встановлення теплового насоса та сонячних колекторів, що дозволить забезпечити ефективне та енергоощадне постачання гарячої води.

Згідно з розрахунками, тепла потужність, необхідна для опалення будівлі, становить 333,3 кВт,

а витрати теплоти на потреби гарячого водопостачання — 161,6 кВт/добу.

На основі виконаних теплотехнічних розрахунків, а також обраних параметрів системи опалення, було розроблено відповідну графічну

документацію. У Додатку А наведено схему системи опалення житлового будинку, 1-го поверху включаючи розташування опалювальних приладів, трубопроводів та стояків. Ці креслення дозволяють чітко уявити просторове розміщення елементів системи та їх взаємозв'язок.

1.8 Визначення необхідної чисельності персоналу

Для забезпечення безперервного моніторингу достатньо двох диспетчерів, які працюють у позмінному режимі — зміна кожні 24 години. Планові огляди, технічне обслуговування та ремонтні роботи у тепловому пункті виконуються ремонтною бригадою, що складається з трьох слюсарів. Їхній графік роботи формується відповідно до плану технічного обслуговування.

З урахуванням конфігурації теплового пункту, розміщення обладнання та схеми трубопроводів, розроблено детальну схему розведення трубопроводів по цокольному поверху, що представлена у Додатку Б. Вона містить інформацію про підключення котлоагрегатів, баків-акумуляторів та інші компоненти системи.

1.9 Результативність застосування електрообігріву з акумулюванням тепла

Питома теплота згоряння одного кубічного метра газу становить 34 МДж/м³.

Величину корисної теплоти розраховують за відповідною формулою:

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

де Q – теплота згоряння 1 м³ газу;

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

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

Вартість одного кубічного метра природного газу складає 3 гривні 65 копійок [7]. Розрахуємо ціну одного мегаджоулю енергії, що утворюється під

Розглянемо також вартість одного мегаджоулю енергії, отриманої за рахунок використання електроенергії. Ціна 1 кВт·год становить 41,94 копійки [16]. У цьому випадку застосовується акумуляційна система обігріву, при якій електроенергія споживається виключно в нічний час, а тепло віддається протягом доби. Розрахунок проводиться за тризонним тарифом, де нічна зона передбачає оплату на рівні 40% від повної вартості, тобто: $41,94 \cdot 0,4$

Визначаємо вартість 1 МДж енергії, отриманої за допомогою електроенергії. Таким чином, на основі проведених обчислень можна дійти висновку,

що використання електрообігріву є економічно вигіднішим — його вартість на 50% нижча порівняно з опаленням за допомогою газових котлів.

Для забезпечення максимальної енергоефективності при реалізації опалення з акумулюванням тепла, важливим етапом стала розробка аксонометричних схем, що ілюструють прокладку магістральних трубопроводів по підвальному приміщенню до житлових приміщень. Ці рішення відображені у Додатку В та забезпечують чітке розуміння геометрії системи, що дозволяє ефективно реалізувати проект у практиці.

1.10 Попередній кошторис на будівництво

1.10.1 Оцінка капітальних витрат на встановлення автономного індивідуального теплового пункту

Вартість одного модуля для нагріву становить 50 000 грн. (загалом 200 000 грн за чотири модулі).

Ціна допоміжного обладнання, що входить до складу індивідуального теплового пункту (включаючи трубопроводи), складає 10000 грн.

Сукупні капітальні інвестиції охоплюють такі складові:

-Ціна чотирьох індукційних котлів "Титан-100" разом із допоміжним устаткуванням — 210 000 грн.

-Витрати на проектування приймаються на рівні 15% від вартості обладнання

$$0,15 \times 210\,000 = 31\,500 \text{ грн}$$

-Вартість монтажних робіт становить 30% від тієї ж суми [8]: $0,3 \times 210\,000 = 63\,000$ грн

-Пусконаладжувальні роботи оцінюються як 5% від вартості обладнання

[9]:

$$0,05 \times 210\,000 = 10\,500 \text{ грн}$$

-Внески до позабюджетних фондів (1,2%) — 2 520 грн

-Податок на додану вартість (ПДВ) у розмірі 20% — 42 000 грн

Загальна сума капітальних вкладень становить: 359 525 грн

1.10.2 Розрахунок величини капітальних вкладень на будівництво теплотраси

Вартість одного погонного метра теплотраси складає 400 грн. З урахуванням індексу перерахунку кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт $k_i = 1,3$ [7], проводимо розрахунок загальної вартості.

Довжина теплотраси становить 650 метрів, отже: $400 \times 1,3 \times 650 = 338\,000$ грн

1.11 Аналіз економічної доцільності впровадження автономного теплового пункту

У цьому розділі здійснюється порівняльна оцінка двох варіантів теплопостачання: проекту централізованої системи опалення та альтернативного варіанту із застосуванням індивідуального теплового пункту.

Бюджет річних витрат на опалення за допомогою

автономного теплового пункту:

Витрати на електроенергію — 300 000 грн;

Експлуатаційні витрати — 12 000 грн;

Амортизаційні витрати (10%) — 30 000 грн.

Загальна сума витрат: 342 000 грн.

Бюджет витрат при використанні централізованого опалення:

Витрати на опалення — 400 000 грн;

Експлуатаційні витрати — 10 000 грн;

Амортизаційні витрати (10%) — 40 000 грн.

Загальна сума витрат: 450 000 грн.

1.12. Економічна вигода від впровадження індивідуального теплового пункту

Розрахунки свідчать, що капітальні витрати та експлуатаційні витрати на будівництво теплотраси перевищують витрати на реалізацію та експлуатацію індивідуального теплового пункту.

Отже, абсолютний ефект на капітальні витрати обчислюється за формулою: $K_{ef} = K_2 - K_1 = 578\,656 - 359\,525 = 219\,131$ грн.

Абсолютний ефект на експлуатаційних витратах (грн/рік)

розраховується як: $E_{ef} = E_2 - E_1 = 450\,000 - 342\,000 = 108\,000$ грн.

Вартість установки індивідуального теплового пункту становить 359 525 грн, зокрема:

вартість 4 індукційних котлів "Титан-100" разом із допоміжним обладнанням — 210 000 грн;

вартість проєктних робіт — 31 500 грн;

вартість монтажу котлів — 63 000 грн;

вартість пусконаладжувальних робіт — 10 500 грн;

позабюджетні фонди — 2 520 грн;

ПДВ — 42 000 грн.

Також представлено економічний ефект:

абсолютний ефект на експлуатаційні витрати — $E_{ef} = 108\,000$

Висновки до розділу 1

У даному розділі проведено огляд відомих досліджень у сфері проєктування систем теплопостачання з використанням альтернативних джерел енергії, на основі якого зроблено низку важливих висновків. Для опалення багатоповерхових будівель найбільш ефективним рішенням є використання електричних котлів як основного джерела тепла, тоді як для гарячого водопостачання оптимальною є система, що поєднує сонячні колектори і теплові насоси. У порівнянні різних типів електричних нагрівачів (ТЕНових, електродних та індукційних) було вибрано найкращий варіант – індукційні котли, які показали найкращу ефективність. Окрім того, обґрунтовано переваги акумуляційного обігріву для систем теплопостачання, що сприяє підвищенню енергетичної ефективності та зменшенню витрат енергії. Аналіз конструктивних особливостей теплових насосів та сонячних колекторів дозволив вибрати найбільш підходящий варіант – ґрунтовий тепловий насос з вертикальним колектором. Також було проаналізовано конструктивні особливості зимових садів, що є важливим аспектом для забезпечення енергозбереження та створення комфортних умов у будівлях.

2 ТУОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

2.1 Кліматичні та природні особливості району забудови

Будівництво заплановано в межах міста Київ. Виходячи з географічного розташування об'єкта, були враховані характерні кліматичні показники даного регіону [44]:

- середній показник температури зовнішнього повітря протягом п'яти найхолодніших діб року становить $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- мінімальна середньодобова температура в найхолодніший день сягає $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- в опалювальний сезон середня температура повітря зовні дорівнює $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- період, коли середньодобова температура не перевищує $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, триває 176 діб;
- в січні середня швидкість вітру становить $2,8\text{ м/с}$;
- територія належить до I температурної зони

Розрахована загальна теплова потреба на опалення споруди складає $333,3\text{ кВт}$.

2.2 Теплотехнічний розрахунок системи опалення

2.2.1 Визначення теплових втрат будівлі та підбір опалювальних пристроїв

Сумарні тепловтрати об'єкта Q_z формуються з основних теплових втрат Q_r та додаткових Q_d , які враховують специфіку конструктивних особливостей і умов експлуатації будівлі.

Оцінка тепловтрат та виконання теплотехнічного розрахунку здійснювались із застосуванням програмного комплексу Кап ОЗС v3.0. який забезпечує високий рівень точності моделювання теплових процесів у приміщеннях.

Таблиця 2.1

№ прим.	Назва приміщення	Типорозмір радіаторів Puro [48], мм	Кількість
1	2	3	4
102	Кухня	400×400 (Тип 11)	1
104	Санвузол	400×400 (Тип 11)	1
105	Спальня	400×600 (Тип 22)	1
107	Спальня	400×600 (Тип 22)	1
109	Кухня	400×400 (Тип 11)	1
111	Спальня	400×400 (Тип 22)	1
113	Спальня	400×400 (Тип 22)	1
117	Кухня	400×400 (Тип 11)	1
119	Коридор	400×400 (Тип 11)	1
120	Сміттекамера	400×400 (Тип 11)	1
122	Коридор	400×400 (Тип 11)	1
123	Приміщення кос'єржа	400×500 (Тип 11)	1
127	Сходові клітка	400×400 (Тип 11)	2
134	Кухня	400×400 (Тип 11)	1
138	Спальня	400×400 (Тип 22)	1
139	Спальня	400×400 (Тип 22)	1
142	Кухня	400×400 (Тип 11)	1
143	Спальня	400×600 (Тип 22)	1
146	Кухня	400×400 (Тип 11)	1
148	Санвузол	400×400 (Тип 11)	1
149	Спальня	400×600 (Тип 22)	1

Таблиця 2.2 – Перелік підібраних опалювальних приладів для приміщень

2–22 поверхів

№ прим.	Назва приміщення	Типорозмір радіаторів Rurgo [48], мм	Кількість
1	2	3	4
202-2202	Кухня	400×400 (Тип 11)	21
204-2204	Санвузол	400×400 (Тип 11)	21
205-2205	Спальня	400×500 (Тип 22)	21
207-2207	Спальня	400×500 (Тип 22)	21

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
209-2209	Кухня	400×400 (Тип 11)	21
211-2211	Спальня	400×400 (Тип 22)	21
213-2213	Спальня	400×400 (Тип 22)	21
217-2217	Кухня	400×400 (Тип 11)	21
219-2219	Коридор	400×400 (Тип 11)	21
121-2221	Коридор	400×400 (Тип 11)	21
232-2232	Кухня	400×400 (Тип 11)	21
236-2236	Спальня	400×400 (Тип 22)	21
237-2237	Спальня	400×400 (Тип 22)	21
240-2240	Кухня	400×400 (Тип 11)	21
241-2241	Спальня	400×600 (Тип 22)	21
244-2244	Кухня	400×400 (Тип 11)	21
246-2246	Санвузол	400×400 (Тип 11)	21
247-2247	Спальня	400×500 (Тип 22)	21

Інформацію щодо типорозмірів обраних радіаторів представлено на кресленні (див. додаток Б.).

2.2.2 Гідравлічне моделювання режиму роботи трубопровідної мережі

Система опалення реалізується у вигляді двотрубної схеми з горизонтальним розведенням труб, розподіленої на дві зони: №1 (поверхи 1–11) та №2 (поверхи 12–22) .

Для проведення розрахунку було складено аксонометричну схему системи опалення з позначенням довжин окремих ділянок трубопроводів (див. додаток Б, аркуш 4).

Розрахунок здійснюється з головного циркуляційного кільця. Для попереднього вибору діаметрів труб на ділянках цього кільця необхідно визначити витрату води G (кг/год) для кожної ділянки, а також допустимі середні питомі втрати тиску на одиницю довжини трубопроводу R (Па/м), викликані тертям. Витрати води визначаємо за формулою [10]

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

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

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

t_n – температура теплоносія (води) в подаючій магістралі, °С;

t_z – температура теплоносія (води) в зворотній магістралі, °С.

Для даної системи приймаємо поліпропіленові трубопроводи марки ППР STABI FV Plast [50]. 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:

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

де ν – кінематична в'язкість води, м²/с.

Визначаємо коефіцієнт гідравлічного тертя трубопроводів за формулою Альтшуля:

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

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 ρ – густина теплоносія (води), кг/м³;

l – довжина трубопроводу на ділянці, м;

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

Розрахунок виконується з використанням програмного забезпечення MS Office Excel. Результати гідравлічного розрахунку для системи опалення першого та типових поверхів подано в таблицях 2.3 і 2.4 Додаток В

У випадку, коли ця розбіжність становить понад десять відсотків, обов'язковим є монтаж балансувального клапана. Величина різниці втрат тиску, що спостерігається на ділянках 1.2 та 1.3, становить:

$$\frac{649,7 - 525,1}{649,7} \cdot 100\% = 19,2\%,$$

Оскільки встановлений відсоток розбіжності у 19,2% є більшим за десятипроцентний ліміт, приймається рішення про встановлення балансувального клапана Danfoss ASV-P DN 20, що має пропускну здатність $K_v = 2,5$ м³/год згідно з джерелом [52].

так як $39,4\% > 10\%$, встановлюємо балансувальний клапан Danfoss ASV-PV DN 20, пропускну здатність якого $K_v = 2,5$ м³/год [52].

2.2.3 Вибір теплогенератора для системи опалення

Як джерело тепла використовуємо установки індуктивного нагріву – вузол нагріву «Титан-100» [55], який являє собою комплектну установку, в якій індуктивний нагрівник оснащений трубопроводом, запірно-регулюючою арматурою, циркуляційними насосами. Всі елементи оптимально підібрані для ефективної роботи. Комплектація обладнання дозволяє значною мірою спростити монтаж і зменшити ризик неправильної

експлуатації установки.

Отже, до встановлення приймаємо 5 індукційних котлів «Титан-100» (1 резервний), кожен номінальною потужністю 84260 ккал/год [55], технічні характеристики котлоагрегату наведено в табл. 3.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики котлоагрегату «Титан-100»

Параметр	Значення
1	2
Потужність, кВт	100
Струм фази, А	157
Габарити (Ш×В×Д), мм	1500×800×1400
Максимальна температура теплоносія, °С	115
Максимальний допустимий робочий тиск, МПа	0,6
Частота, Гц	50
Кількість фаз	3
Номінальна електрична потужність, що споживається, не більше, кВт	101
Номінальна напруга, В	380
Маса, кг	700

2.2.4 Підбір теплоаккумулятора до системи обігріву

Розрахунок потрібного об'єму бака-аккумулятора здійснюється за формулою, наведеною в джерелі:

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

де Q_{CO} – Теплове навантаження опалювальної системи у кіловатах (детальніше розглянуто в пункті 3.1 цього розділу);

Розрахунковий об'єм теплоносія на кожен кіловат теплової потужності системи опалення становить від 30 до 50 літрів; для подальших розрахунків приймаємо значення 30 л [56].

$$V_{BA} = 333,3 \times 30 = 10000 (\text{л}).$$

Пропонується використання двох баків-акумуляторів, кожен з наступним об'ємом $V_{BA} = 5000$ л або $V_{BA} = 5 \text{ м}^3$. Відповідно до розрахованого об'єму, для встановлення обираються два баки-акумулятори, кожен місткістю 5 м^3 [57]. Габарити одного резервуара становлять: 2040 мм у довжину та 1900 мм за внутрішнім діаметром. Вага одного такого бака дорівнює 1500 кілограмів [57].

2.3 Створення математичної моделі мережі гарячого водопостачання

2.3.1 Визначення необхідного обсягу споживання гарячої води

Секундні витрати гарячої води розраховуються за наступною формулою [58], у літрах за секунду:

$$G = 5 \times g \times \alpha, \quad (3.7)$$

де g – Об'єм гарячої води, що споживається одним водорозбірним пристроєм, $g = 0,2$ л/с [59];

α – езрозмірний коефіцієнт, значення якого визначається залежно від загальної кількості (N) та вірогідності одночасної роботи (P) водорозбірних приладів у години найбільшого водоспоживання. В даному випадку α становить $\alpha=4,29$.

Ймовірність дії P водорозбірних приладів системи гарячого водопостачання визначаємо за формулою [58]:

$$P = \frac{g_{ur} \cdot U}{3600 \cdot gN}, \quad (3.8)$$

$$P = \frac{10,9 \cdot 530}{3600 \cdot 0,2 \cdot 528} = 0,02,$$

де g_{ur} – Об'єм гарячої води, що припадає на одного споживача протягом години пікового водоспоживання, $g_{ur} = 10,9$ л [58];

U – Загальна кількість мешканців, що користуються гарячим водопостачанням у будинку, $U = 530$ люд.;

N – Сумарна кількість водорозбірних пристроїв, наявних у будинку, становить, $N = 528$.

Секундні витрати води розраховуються за наступною формулою (3.7):

$$G = 5 \cdot 0,2 \cdot 4,29 = 4,29 \text{ (л/с)}.$$

Годинні витрати гарячої води $G_{\text{ч}}$ в годину найбільшого водоспоживання, м³/год [58]

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{o,hr}^h \cdot \alpha_{hr}, \quad (3.9)$$

де $q_{o,hr}^h$ – Норматив погодинної витрати води одним водорозбірним приладом становить, л/год [59]. Для житлових об'єктів, обладнаних душовими кабінами, умивальниками та мийками, допускається використання значення $q_{o,hr}^h = 200$ л/год;

α_{hr} – Коефіцієнт, значення якого визначається згідно з [58] на основі кількості одночасно працюючих приладів та ймовірності їх використання P_{hr} , що розраховується за наступною формулою:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q^h}{q_{o,hr}^h}, \quad (3.10)$$

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot 0,02 \cdot 0,2}{200} = 0,07,$$

$$N \cdot P_{hr} = 0,07 \cdot 528 = 36,96,$$

$$\alpha_{hr} = 11,178.$$

одинні витрати гарячої води розраховуються за наступною формулою

(3.9):

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot 200 \cdot 11,178 = 11,178 \text{ (л/год)}.$$

Середній об'єм гарячої води, що споживається за годину q_t^h , м³/Год, за період (добу) найбільшого водоспоживання [58]

$$q_t^h = \frac{q_u^h \cdot U}{1000 \cdot T}, \quad (3.11)$$

де q_u^h – Добова норма споживання гарячої води одним споживачем у період максимального водоспоживання, $q_u^h = 125$ л [58];

U – Загальна кількість мешканців будинку, що користуються гарячим водопостачанням, осіб.

$$q_t^h = \frac{125 \cdot 530}{1000 \cdot 24} = 2,76 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Тепловий потік за годину максимального водорозбору визначається за формулою [58] та вимірюється в кіловатах:

$$Q_{hr}^h = 1,163 \cdot q_t^h \cdot (55 - t^c) + Q^{ht}, \quad (3.12)$$

де t^c – Температура холодної води, що надходить до мережі, вимірюється в градусах Цельсія (°C). За відсутності конкретних даних допускається використання значення 5 °C. [58];

Q^{ht} - втрати теплової енергії в трубопроводах системи гарячого водопостачання, виміряні в кіловатах.

$$Q_{hr}^h = 1,163 \cdot 2,76 \cdot (55 - 5) + 1,05 = 161,6 \text{ (кВт)}.$$

2.3.2 Розрахунок діаметра трубопроводів для подачі гарячої води [60]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{v \cdot \pi}}, \quad (3.13)$$

де G – витрати тепла в системі, кг/год;

v – швидкість руху теплоносія в системі, що становить $v =$

0,5 м/с. Розрахунок витрати теплової енергії в системі здійснюється за формулою

$$G = \frac{Q}{c \cdot \Delta t}, \text{ кг/год} \quad (3.14)$$

де Q – тепловтрати системи, кВт;

c – Питома теплоємність теплоносія (за масою), кДж/кг·°С;

Δt – Різниця температур теплоносія на вході та виході системи, (°С).

$$G = \frac{161,6 \cdot 3600}{4,19 \cdot 20} = 6942 \text{ (кг/год)};$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 6942}{0,5 \cdot 3,14 \cdot 36 \cdot 10^5}} = 0,07 \text{ (м)}.$$

Приймаємо $d = 76$ мм.

2.2.3 Додавання витрат на приготування гарячої води та підбір теплового насоса

У житлових будівлях за основу береться максимальне добове споживання гарячої води на рівні 50 літрів при температурі 45 °С [59]. Це еквівалентно додатковій тепловій потужності в 0,25 кВт на одну особу при тривалості нагрівання 8 годин. Рекомендована надбавка теплової потужності для приготування гарячої води для сім'ї з чотирьох осіб становить

$$4 \times 0,25 = 1 \text{ кВт}.$$

Додаткова теплова потужність враховується лише за умови, що її величина становить понад 20% від загальної теплової потужності установки.

Таким чином, розрахункова теплова потужність теплового насоса становить 161,6 кВт.

Для забезпечення необхідної теплової потужності було обрано тепловий насос Gustrower BW Titan 160 [62], технічні специфікації якого представлені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики теплового насосу Gustrower BW Titan 160

Параметр	Значення
1	2
Тип теплового насосу	грунт-вода
Теплова потужність, кВт	164
Струм фази, А	157
Габарити (Ш×В×Д), мм	1500×1400×1800
Максимальна робоча температура джерела тепла, °С	68
Холодоагент	R407C

2.2.4 Вибір сонячного колектора для забезпечення гарячого водопостачання

Функціонування сонячних колекторів буде спрямоване на попередній підігрів води протягом світлового дня, що дасть змогу зменшити обсяги споживаної електроенергії завдяки періодичному вимкненню теплового насоса.

Вважатимемо, що сонячні колектори покривають 20% від загальної потреби в тепловій енергії для гарячого водопостачання, у такому разі добове навантаження становитиме

$$Q = 0,2 \times 161,6 = 32,32 \text{ (кВт·год)}.$$

Знаходимо площу сонцепоглиняльної поверхні:

$$F' = \frac{Q}{\eta \sum q_{\text{над.сер}}^{\text{доб}}}, \text{ м}^2 \quad (3.15)$$

де - Середня інтенсивність сонячної радіації, що потрапляє на південно-орієнтований сонячний колектор протягом світлового дня (з 8:00 до 17:00) у розрахунковий сезон, становить для сонячного колектора південної орієнтації, $q_{над.сер}^{доб} = 4147 \text{ Вт/м}^2$

η – середній за сезон коефіцієнт корисної дії сонячного колектора становить, $\eta = 0,72$.

Площа сонцепоглиняльної поверхні

$$F' = \frac{32320}{0,72 \cdot 4147} = 10,8 (\text{м}^2).$$

Приймаємо до встановлення 3 вакуумні трубчасті колектори Viessman VITOSOL 300-T [63], кожен поглиняльною площею 3,03 м². Загальна площа колекторів – 9,09 м².

2.4 Розрахунок річного споживання енергоресурсів котельною системою

Розрахунок річного споживання електроенергії котельною установкою здійснюється за наступною формулою:

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

де $V_{ел}^{год}$ – годинна витрата електроенергії на один котел ($V_{ел}^{год} = 101 \text{ кВт/год}$);

n – кількість працюючих котлів, $n = 4$;

N – кількість робочих діб, $N = 176 \text{ діб}$.

Таким чином, сумарні річні витрати електроенергії становитимуть

$$V_{ел}^{річ} = 6 \cdot 101 \cdot 4 \cdot 176 + 9 \cdot 101 \cdot 4 \cdot 176 = 1066560 \text{ (кВт/рік)},$$

з них 426624 кВт буде оплачуватися за нічним тарифом, а 639936 кВт – за звичайним.

Висновки до розділу 2

У даному розділі надано обґрунтування проектної потужності об'єкта та основних параметрів розроблюваних систем.

-Обґрунтовано кількість необхідних робочих місць та проведено матеріальну оцінку впливу на навколишнє середовище.

-Описано основні технологічні та будівельні рішення, а також заходи, що забезпечують вибухову безпеку.

-Наведено порівняння економічної ефективності використання акумуляційного електричного обігріву з традиційними газовими котлами для опалення. Також розраховано капітальні інвестиції для встановлення індивідуального теплового пункту та для будівництва теплотраси. У даному розділі було проведено комплексний розрахунок системи опалення, включаючи визначення тепловтрат приміщень (333,3 кВт), підбір панельних радіаторів PURMO, гідравлічний розрахунок трубопровідної мережі (з визначенням довжин та діаметрів труб) та вибір балансувальних клапанів Danfoss ASV-PV. Для забезпечення теплової потреби було обрано п'ять індукційних котлів «Титан-100» (включаючи резервний), номінальною потужністю 84260 ккал/год кожен, а для акумуляції тепла – два баки об'ємом 5 м³ кожен. Розміщення обраних радіаторів на планах поверхів відображено на аркушах 1 та 2, а схема трубопровідної розводки опалення цокольного поверху – на аркуші 3 (додаток Б).

Крім того, було здійснено розрахунок системи гарячого водопостачання, в результаті якого визначено секундну витрату гарячої води (4,29 л/с) та погодинну витрату (11,178 л/год). Тепловий потік у період максимального водорозбору склав 161,6 кВт, а діаметр трубопроводу підведення гарячої води – 76 мм. Для потреб ГВП було підібрано тепловий насос Gustrower BW Titan з теплопродуктивністю 164 кВт та три вакуумні трубчасті колектори Viessman VITOSOL 300-T (площею поглинання 3,03 м² кожен).

З ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

3.1 Конструктивні особливості об'єкта монтажу

Приводиться технологічний процес монтажу системи опалення житлового 22-поверхового будинку із рекреаційною зоною на даху (2 зимові сади) . Система опалення прийнята двотрубна, двозональна (№1 – 1-11 поверх, №2 – 12-22 поверх) з горизонтальним розведенням трубопроводів [11].

Як теплоносієм для системи опалення використовується вода. Температура води в подаючій магістралі складає 90 °С, у зворотній магістралі – 70 °С. Для даної системи використовуються поліпропіленові трубопроводи Ø20, Ø25, Ø32, Ø40, Ø50 та Ø65 марки «FV Plast», як монтуються у підлогу приміщень шляхом зварювання.

Як опалювальні прилади використовуються сталеві панельні радіатори марки «Purmo»:

тип 11 з боковим підведенням трубопроводів та типорозмірами 400×400 та 400×500 мм;

тип 22 з боковим підведенням трубопроводів та типорозмірами 400×400, 400×500 та 400×600 мм.

Регулювання тепловіддачі опалювальних приладів здійснюється за допомогою терморегулюючих вентилів марки «Danfoss».

Систему збалансовано та прийнято до встановлення балансувальні клапани Danfoss ASV-PV.

Нагрівання теплоносія до необхідної температури проводиться за допомогою каскадної системи чотирьох індукційних котлів «Титан-100» (5-ий котел резервний), які мають номінальну потужність 101 кВт кожен. Котли монтуються у металевий каркас, який кріпиться до стін та підлоги

котельні та приєднуються до системи опалення через загальний колектор системи опалення.

Запірно-регулююча арматура забезпечує необхідну витрату теплоносія у внутрішньому контурі (контурі вузла нагріву) і тепломережі.

Для контролю параметрів теплоносія (температури, тиску, рівня) і автоматичного керування установкою використовуються наступні контрольно-вимірювальні прилади і автоматика [10]:

- запобіжний клапан;
- датчики температури;
- термометри, що встановлюються в штуцер;
- датчики рівня;
- блоки системи контролю автоматичного регулювання температури «СКАРТ», що входять до комплекту шафи керування;
- манометри.

По датчику температури за допомогою блоку «СКАРТ» відслідковується температура поверхні теплообмінника, в разі збільшення температури до максимального критичного значення відбувається аварійне вимкнення електронагрівника. Запобіжний клапан слугує для аварійного викиду теплоносія при перевищенні тиску в тепломережі або вузлі нагріву більше нормованого значення. Для відведення теплоносія, при спрацюванні запобіжного клапана, передбачено влаштування скидного трубопроводу (діаметром 25 мм) виведеного в приямок.

Для акумулювання теплової енергії та можливості її використання в години-пік прийнято до встановлення 2 баки-акумулятори, кожен об'ємом 5 м³.

Система опалення приміщень зимових садів прийнята повітряна [70]. Так як приміщення однакові, наведено конструктивні особливості системи опалення одного зимового саду (другий аналогічний). Повітря, що нагрівається тепловентилятором КЭВ-20Т20Е, який має теплову потужність 10 кВт, подається до перфорованих азбестоцементних

трубопроводів діаметром 110 мм, що прокладені у ґрунті. Повітря з приміщення відсмоктується витяжним вентилятором Systemair K 100 M потужністю 30,7 Вт. Обладнання закріплюється на металевому каркасі, який влаштовується на спеціальному фундаменті. Для зменшення шуму та вібрації під обладнання встановлюються віброізолятори, що йдуть у комплекті.

На основі проведеного аналізу складається перелік основних та допоміжних витратних матеріалів, необхідних для монтажу системи. Ї

3.2 Розрахунок кількості основних та допоміжних витратних матеріалів

Наведено перелік основних та допоміжних матеріалів та виробів для монтажу систем опалення. Прийнято, що такий матеріальних ресурс, як вода є у доступі біля місця монтажу.

Перелік основних та допоміжних витратних матеріалів наведено, відповідно, в таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Відомість потреби в основних матеріалах та виробах

№ п.п.	Найменування матеріалу	Од. виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
1	Поліпропіленові трубопроводи марки «FV Plast» Ø 20×2,2 мм	м	4649,34	0,12	557,92
2	Поліпропіленові трубопроводи марки «FV Plast» Ø 25×2,3 мм	м	855,52	0,16	136,88
3	Поліпропіленові трубопроводи марки «FV Plast» Ø 32×2,9 мм	м	102,4	0,26	26,62

4	Поліпропіленові трубопроводи марки «FV Plast» Ø 40×3,7 мм	м	153,6	0,41	62,98
5	Поліпропіленові трубопроводи марки «FV Plast» Ø 50×5,9 мм	м	496,6	0,56	278,1
6	Поліпропіленові трубопроводи марки «FV Plast» Ø 65×8,6 мм	м	45,8	0,72	32,98
7	Сталеві панельні радіатори марки «Purmo», тип 11, 400×400	шт	223	4,92	1097,2
8	Сталеві панельні радіатори марки «Purmo», тип 11, 400×500	шт	1	6,15	6,15
9	Сталеві панельні радіатори марки «Purmo», тип 22, 400×400	шт	88	9,72	855,36
10	Сталеві панельні радіатори марки «Purmo», тип 22, 400×500	шт	63	12,51	788,13
11	Сталеві панельні радіатори марки «Purmo», тип 22, 400×600	шт	25	14,58	364,5
12	Розподільчі гребінки Danfoss FHF-4F	шт	45	1,5	67,5
13	Котли індукційні «Титан-100»	шт	5	700	3500
14	Розширювальний бак Zilmet HYDRO-PRO	шт	2	3,2	6,4
15	Баки-акумулятори	шт	2	1500	3000

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
16	Грязьовики	шт	5	17,1	85,5
17	Фільтри для очищення води Malgorani 2 1/2"	шт	2	4	8
18	Тепловентилятори	шт	2	26	52
19	Витяжні вентилятори	шт	2	2,3	4,6

20	Азбестоцементні трубопроводи	м	50	8	400
Σ					113 32

Таблиця 3.2 – Відомість потреби в допоміжних матеріалах та виробх

№ п.п.	Шифр ресурсу	Матеріали, деталі та напівфабрикати	Од. вим.	Маса
1	2	3	4	5
1	111-0254	Вапно хлорне, марка А	т (кг)	0,00046+0,0001+ +0,00001+0,00002 +0,00005+ +0,000001 (0,46+0,1+0,01+ 0,02+0,05+0,001)
2	1530-0149	Муфта, Ø 20 мм	кг	2,12
3	1530-0150	Муфта, Ø 25 мм	кг	0,72
4	1530-0151	Муфта, Ø 32 мм	кг	0,12
5	1530-0152	Муфта, Ø 40 мм	кг	0,18
6	1530-0153	Муфта, Ø 50 мм	кг	0,88
7	1530-0154	Муфта, Ø 65 мм	кг	0,19
8	1530-0156	Перехід, Ø 25x20 мм	кг	0,08
9	1530-0157	Перехід, Ø 32x25 мм	кг	0,03
10	1530-0158	Перехід, Ø 40x32 мм	кг	0,04
11	1530-0159	Перехід, Ø 50x40 мм	кг	0,18
12	1530-0160	Перехід, Ø 65x50 мм	кг	0,17
13	111-0020	Азбестовий картон загального призначення [КАОК-1], товщина 2 мм	т (кг)	0,01+0,015 (10+15)
14	111-0022	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1], Ø 0,7 мм	т (кг)	0,0004 (0,4)

15	111-0322	Гас для технічних цілей, марка КТ-1, КТ-2	т (кг)	0,0035 (3,5)
----	----------	---	-----------	-----------------

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
16	111-0384	Білила густотерті цинкові МА-011-1	т (кг)	0,007+0,0002+ +0,0005+0,0002+ +0,00002+0,0295 (7+0,2+0,5+0,2+ +0,02+29,5)
17	111-0587	Масло індустріальне И-20А	т (кг)	0,0004 (0,4)
18	111-1522	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т (кг)	0,007+0,008+ +0,005+0,0002+ +0,00041 (7+8+5+0,2+0,41)
19	111-1668	Олифа натуральна	кг	4,9+0,08+0,9+ +0,05+0,01+11,81
20	111-1746	Прокладки резинові [пластина технічна пресована]	кг	0,35
21	1545-11681	Очіс лляний	т (кг)	0,0002+0,00008+ +0,0005+0,00005+ +0,00001+0,0118 (0,2+0,08+0,5+ +0,05+0,01+11,8)
22	130-0039	Болти з гайками і шайбами, Ø 12 мм	т (кг)	0,0101+0,0008 (10,1+0,8)
23	1630-0083	Кронштейни і підставки під обладнання із сортової сталі	кг	12

24	1630-0114	Кріплення для трубопроводів [кронштейни, планки, хомути]	кг	3
Σ				149,3 кг

Крім того, також необхідно враховувати масу інструментів, механізмів та машин не на власному ходу, які необхідно доставити на будівельний майданчик для монтажу системи.

3.3 Отримання об'єкту під монтаж

Перед початком монтажних робіт об'єкт необхідно прийняти згідно акту-допуску для виконання будівельно-монтажних робіт.

До початку монтажних робіт на об'єкті повинні бути закінчені наступні загальнобудівельні роботи [73]:

підготовленні (за їх відсутності) тимчасові шляхи та дороги для проїзду монтажного обладнання;

залишені монтажні отвори і виносні майданчики для подавання деталей і обладнання до місця монтажу;

виконано електроосвітлення місць монтажних робіт і підготована силова електромережа для роботи електрифікованого інструменту;

очищені від будівельного сміття місця монтажних робіт;

повинен бути підготовлений фундамент під обладнання, що прийняте до монтажу.

Необхідно забезпечити пожежно-сторожеву охорону на об'єкті .

3.4 Визначення складу монтажних робіт

До складу робіт, які необхідно виконати для монтажу систем опалення входять наступні роботи:

1. Доставлення матеріалів, деталей, обладнання та інструментів до місця монтажу;
2. Пробивання гнізд та отворів в стінах і перекриттях;
3. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 20 \times 2,2$ мм;
4. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 25 \times 2,3$ мм;
5. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 32 \times 2,9$ мм;
6. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 40 \times 3,7$ мм;
7. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 50 \times 5,9$ мм;
8. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 65 \times 8,6$ мм;
9. Встановлення радіаторів панельних сталевих;
10. Встановлення розподільчих гребінок;
11. Встановлення індукційних котлів;
12. Встановлення водомірних вузлів;
13. Встановлення баків розширювальних;
14. Встановлення баків акумуляційних;
15. Встановлення грязьовиків;
16. Встановлення повітрозбірників;
17. Встановлення фільтрів для очищення води у трубопроводах систем опалення;
18. Встановлення манометрів з триходовим краном;
19. Прокладання азбестоцементних трубопроводів у ґрунті $\varnothing 110$ мм;
20. Прокладання повітропроводів системи повітряного опалення;
21. Встановлення тепловентилятора;
22. Встановлення витяжного вентилятора;
23. Гідравлічне випробування трубопроводів системи діаметром до 100 мм;
24. Ізоляція трубопроводів;
25. Зароблення отворів та гнізд;
26. Вивезення обладнання, інструментів та будівельного сміття з місця монтажу.

3.5 Визначення об'ємів монтажних робіт

1. Доставлення матеріалів, деталей, обладнання та інструментів до місця монтажу. Одиниця виміру в тонах. Загальна маса матеріалів, деталей та обладнання становить 11510 кг. Приймаємо об'єм $V = 11,51$.

2. Пробивання гнізд та отворів в стінах і перекриттях. Одиниця виміру – 100 м. Загальна довжина складає 50 м. Приймаємо об'єм $V = 0,5$.

3. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 20 \times 2,2$ мм. Одиниця виміру – 100 м. Загальна довжина складає 4606,14 м. Приймаємо об'єм $V = 46,06$.

4. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 25 \times 2,3$ мм. Одиниця виміру – 100 м. Загальна довжина складає 855,52 м. Приймаємо об'єм $V = 8,56$.

5. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 32 \times 2,9$ мм. Одиниця виміру – 100 м. Загальна довжина складає 102,4 м. Приймаємо об'єм $V = 1,02$.

6. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 40 \times 3,7$ мм. Одиниця виміру – 100 м. Загальна довжина складає 153,6 м. Приймаємо об'єм $V = 1,54$.

7. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 50 \times 5,9$ мм. Одиниця виміру – 100 м. Загальна довжина складає 496,6 м. Приймаємо об'єм $V = 4,97$.

8. Прокладання трубопроводів з поліпропілену $\varnothing 65 \times 8,6$ мм. Одиниця виміру – 100 м. Загальна довжина складає 45,8 м. Приймаємо об'єм $V = 0,46$.

9. Встановлення радіаторів панельних сталевих. Одиниця виміру – 100 кВт. Загальні витрати теплоти складають 333,3 кВт. Приймаємо об'єм $V = 3,33$.

10. Встановлення розподільчих гребінок. Одиниця виміру – 1 шт. Загальна кількість складає 45 шт. Приймаємо об'єм $V = 45$ [77].

11. Встановлення індукційних котлів. Одиниця виміру – 1 шт. Загальна кількість складає 5 шт. Приймаємо об'єм $V = 5$ [77].

12. Встановлення водомірних вузлів. Одиниця виміру – 1 шт. Загальна кількість складає 1 шт. Приймаємо об'єм $V = 1$ [76].

13. Встановлення баків розширювальних. Одиниця виміру – 1 шт. Загальна кількість складає 2 шт. Приймаємо об'єм $V = 2$ [77].

14. Встановлення баків акумуляційних. Одиниця виміру – 10 шт. Загальна кількість складає 2 шт. Приймаємо об'єм $V = 0,2$ [78].

15. Встановлення грязьовиків. Одиниця виміру – 5 шт. Загальна кількість складає 5 шт. Приймаємо об'єм $V = 1$ [77].

16. Встановлення повітрозбірників. Одиниця виміру – 1 шт. Загальна кількість складає 2 шт. Приймаємо об'єм $V = 2$ [77].

17. Встановлення фільтрів для очищення води у трубопроводах систем опалення. Одиниця виміру – 10 шт. Загальна кількість складає 2 шт. Приймаємо об'єм $V = 0,2$ [77].

18. Встановлення манометрів з триходовим краном. Одиниця виміру – 1 комплект. Загальна кількість становить 5 комплектів. Приймаємо об'єм $V = 5$ [77].

19. Прокладання азбестоцементних трубопроводів у ґрунті $\varnothing 110$ мм. Одиниця виміру – 100 м. Загальна довжина складає 50 м. Приймаємо об'єм $V = 0,5$ [76].

20. Прокладання повітропроводів системи повітряного опалення. Одиниця виміру – 100 м^2 . Загальна площа складає 38 м^2 . Приймаємо об'єм $V = 0,38$ [79].

21. Встановлення тепловентилятора. Одиниця виміру – 1 шт. Загальна кількість складає 2 шт. Приймаємо об'єм $V = 2$ [79].

22. Встановлення витяжного вентилятора. Одиниця виміру – 1 шт. Загальна кількість складає 2 шт. Приймаємо об'єм $V = 2$ [79].

23. Гідравлічне випробування трубопроводів системи діаметром до 100 мм. Одиниця виміру – 100 м. Загальний метраж складає 6303,26 м. Приймаємо об'єм $V = 63,03$ [76].

24. Ізоляція трубопроводів. Одиниця виміру – 10 м. Загальний метраж складає 5903,26 м. Приймаємо об'єм $V = 590,3$ [80].

25. Зароблення отворів та гнізд. Одиниця виміру – 1 м³. Загальний об'єм складає 4,2 м³. Приймаємо об'єм $V = 4,2$ [75].

26. Вивезення обладнання, інструментів та будівельного сміття з місця монтажу. Одиниця виміру в тонах. Загальна маса інструментів та обладнання становить 28,74 кг, а сміття – 1 т . Приймаємо об'єм $V = 1,03$ [74].

3.6 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, інструментів, типів машин і механізмів

Залежно від маси усіх матеріалів, виробів та монтажного обладнання, необхідного для встановлення систем опалення (окрім основного устаткування, яке завозиться постачальником), яка складає 11,5 т, – для перевезення вантажу обираємо 2 автомобілі Renault Sherpa 5 , технічні характеристики яких наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики автомобіля Renault Sherpa 5

Характеристики	Числові значення
Повна маса автомобіля, кг	14500
Повна маса автопоїзда, кг	24500
Максимальна швидкість, км/год	90
Витрата пального, л/100 км	12
Вантажопідйомність, кг	7000

Для підйому та подавання трубопроводів, радіаторів, гребінок та тепловентиляторів (маса кожного з перерахованих елементів не перевищує 5 т), використовуємо автокран КАТО CR-100 та баштовий кран Raimondi MRT 69 [82], які забезпечують виконання роботи як за висотою підйому, так і за вантажопідйомністю. Технічні характеристики вибраних машин наведені, відповідно, в таблицях 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики автокрана КАТО CR-100

Характеристики	Числові значення
Тип двигуна	дизельний
Потужність двигуна (силового агрегату), кВт	118
Максимальна швидкість, км/год	49
Вантажопідйомність, кг	10000
Довжина стріли, м	5,5 - 23,5
Висота підйому, м	26,7
Маса крана, кг	12900

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики баштового крана Raimondi MRT

69

Характеристики	Числові значення
Максимальна висота, м	36,3
Макс. довжина стріли, м	45
Макс. вантажопідйомність, кг	5000
Вантажопідйомність при вильоті стріли, кг	1150

Для пробивання отворів та гнізд в стінах та залізобетонних перекриттях підібрано перфоратор великої потужності Makita HR3200C, технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики перфоратора Makita HR3200C

Характеристики	Числові значення
1	2
Потужність, Вт	850
Тип патрона	SDS+
Максимальна швидкість обертання, об/хв	630
Сила удару, Дж	5,1
Частота ударів в хвилину	3300
Маса, кг	4,8

Для підйому вантажів та матеріалів на незначну висоту використовуємо автомобільний гідравлічний підйомник [84]. Маса вантажу (радіаторів, гребінок) не перевищує максимальну вантажопідйомність, за якою вибрано підйомник, технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики автомобільного гідравлічного підйомника

Характеристики	Числові значення
Робоча висота підйому, м	9,0
Вантажопідйомність, кг	200
Максимальний виліт, м	4,0
Кут обертання поворотної частини, град	300
Час підйому люльки на найбільшу висоту, с	64
Швидкість пересування, км/год	50
Габарити в транспортному положенні, мм	5300×1900×3100
Повна маса, т	2,6

Для монтажу трубопроводів використовуємо агрегат для зварювання труб Odwerk BSG 73, технічні характеристики якого наведені у таблиці 3.8

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики агрегату Odwerk BSG 73

Характеристики	Значення
Робоча напруга, В	220-240
Частота сили струму, Гц	50
Споживана потужність, Вт	2000
Температура нагрівного елемента, °С	0-300
Діаметри труб, що монтуються, мм	20/25/32/40/50/65
Ножиці для нарізання труб	В комплекті
Маса, кг	2,4

Для гідравлічного випробування змонтованої системи використовуємо опресувальний насос RP-30, характеристики якого наведені в таблиці 3.9

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики опресувального насосу марки RP-30

Характеристики	Значення
Тиск, бар	≤ 30
Споживана потужність, Вт	2200
Об'єм резервуара, л	4,5
Габаритні розміри, мм	440×200×240
З'єднання	R 1/2"
Маса, кг	4,5

Перелік інструментів, які необхідні для монтажу системи опалення наведені в таблиці 5.10.

Таблиця 3.10 – Перелік інструментів для монтажу системи опалення

Найменування	ДСТУ, марка	К-ть	Маса одиниці, кг
1	2	3	4
Ключ гайковий двосторонній М16-22-21 мм	ДСТУ EN ISO 6789	2	1,2

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4
Плоскогубці комбіновані	ISO/DSTU EN 60900	2	0,7
Стрічка вимірювальна, 20 м		2	0,2
Рівень металевий	ДСТУ Б В.2.8- 18:2009	2	1,6
Маркер		2	0,02
Ящик переносний для інструменту		2	4,8
Загальна маса інструментів, кг			17,04

Загальна маса всіх необхідних матеріалів, інструментів, механізмів та устаткування, які необхідно доставити до місця монтажу становить 11,51 т.

3.7 Визначення трудомісткості монтажних робіт та складу бригад

Норма часу виконання монтажних та пусконаладжувальних робіт, H_q , визначаємо згідно.

Трудомісткість робіт обчислюємо за формулою:

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

де V – об'єм робіт;

k – коефіцієнт перевиконання ($k = 1 \dots 1,3$), приймаємо $k = 1,2$.

Тривалість виконання робіт

$$T = \frac{Q}{8 \cdot n},$$

(3.2)

де n – кількість робітників.

Знайдені значення заносимо до таблиці 5.11.

Таблиця 3.11 – Трудомісткість і тривалість виконання монтажних робіт

Найменування робіт	Од. вимір.	Об'єм робіт, V	Норма часу, H_c , люд/год	Трудо-місткість, Q , люд/дні	Виконавці		Тривалість, T , дні
					Склад бригади	К-ть	
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставлення матеріалів, деталей, обладнання та інструментів до місця монтажу	1 т	11,51	2,1×2	40,29	Водій-3 Монт. 3р-3	6	0,75
Пробивання гнізд та отворів в стінах і перекриттях	100 м	0,5	39,91	16,63	Монт. 3р-6	6	0,25
Прокладання трубопроводів з поліпропілену Ø 20x2,2 мм	100 м	46,06	68,96	2646,92	Монт. 4р-8 Монт. 3р-6	14	23,75
Прокладання трубопроводів з поліпропілену Ø 25x2,3 мм	100 м	8,56	211,56	1509,13	Монт. 4р-8 Монт. 3р-4	12	15,75
Прокладання трубопроводів поліпропілену	100 м	1,02	172,2	146,37	Монт. 4р-3 Монт. 3р-3	6	3

Ø 32x2,9 мм							
Прокладання трубопроводів поліпропілену Ø 40x3,7 мм	100 м	1,54	229,6	294,65	Монт. 4р-3 Монт. 3р-3	6	6,25
Прокладання трубопроводів поліпропілену Ø 50x5,9 мм	100 м	4,97	200,08	828,67	Монт. 4р-4 Монт. 3р-4	8	13
Прокладання трубопроводів поліпропілену Ø 65x8,6 мм	100 м	0,46	200,08	76,7	Монт. 4р-3 Монт. 3р-3	6	1,5
Встановлення радіаторів панельних сталевих	100 кВт	3,33	96,92	268,95	Монт. 4р-4 Монт. 3р-2	6	5,5
Встановлення розподільчих гребінок	1 шт	45	11,25	421,88	Монт. 4р- 10	10	5,25
Встановлення котлів індукційних	1 шт	5	116,11	483,79	Монт. 5р-2 Монт. 4р-4	6	10
Встановлення вodomірних вузлів	1 шт	1	13,94	11,62	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	2	0,75
Встановлення баків розширювальних	1 шт	2	18,04	30,07	Монт. 4р-2 Монт. 3р-2	4	1
Встановлення баків акумуляційних	10 шт	0,2	23,94	3,92	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	2	0,25
Встановлення грязьовиків	1 шт	1	5,87	4,89	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	2	0,25

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4	5	6	7	8
Встановлення повітрозбірників	1 шт	2	1,82	3,03	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	2	0,25
Встановлення фільтрів для очищення води у трубопроводах систем опалення	10 шт	0,2	18,2	3,03	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	2	0,25
Встановлення манометрів з триходовим краном	1 компл.	5	0,36	1,5	Монт. 4р-1	1	0,25
Прокладання азбестоцементних трубопроводів у ґрунті Ø 110 мм	100 м	0,5	70,42	29,34	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	2	2
Прокладання повітропроводів системи повітряного опалення	100 м ²	0,38	261,8	82,9	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	2	4,75
Встановлення тепловентилятора	1 шт	2	8,38	13,97	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	2	0,75
Встановлення витяжного вентилятора	1 шт	2	4,25	7,08	Монт. 4р-1 Монт. 3р-1	2	0,5
Гідравлічне випробування трубопроводів системи	100 м трубопр.	63,03	8,22	431,76	Інженери двох категорій, техніки	8	6,75

Ізоляція трубопроводів	10 м	590,3	0,72	354,18	Монт. 4р-6 Монт. 3р-2	8	5,5
Зароблення отворів та гнізд	1 м3	4,2	73,69	257,92	Монт. 4р-6 Монт. 3р-2	8	4
Вивезення обладнання, інструментів та будівельного сміття з місця монтажу	1 т	1,03	2,1	1,8	Водій-1 Монт. 3р-3	4	0,25

3.8 Визначення витрат енергоносіїв при роботі обладнання та транспортних засобів

3.8.1 Розрахунок витрат електроенергії

Витрати електроенергії розраховуються за формулою:

$$E = P \times \tau \times k, \quad (5.3)$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год, (див. графік руху машин та механізмів, додаток Б, аркуш 7);

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання [87].

Витрата електроенергії перфоратором Makita HR3200C

$$E = 0,85 \times 8 \cdot (0,25 + 5,5) \times 0,6 = 23,46 (\text{кВт} \cdot \text{год}).$$

Витрата електроенергії агрегатом для зварювання Odwerk BSG 73

$$E = 2 \times 8 \cdot 36,75 \times 0,35 = 205,8 (\text{кВт} \cdot \text{год}).$$

Витрата електроенергії опресувальним насосом RP-30

$$E = 2,2 \times 8 \cdot 6,75 \times 0,65 = 77,22 (\kappa Bm \cdot год).$$

Сумарні витрати електроенергії становлять

$$E = 23,46 + 205,8 + 77,22 = 306,48 (\kappa Bm \cdot год).$$

5.8.2 Розрахунок витрат пального

Витрати пального на доставлення матеріалів, інструментів, обладнання та виробів на відстань 30 км складатимуть

$$V = Q \times l = \frac{12}{100} \times 30 = 3,6 (л).$$

Витрати пального на вивезення будівельного сміття на відстань 10 км складатимуть

$$V = Q \times l = \frac{12}{100} \times 10 = 1,2 (л).$$

Загальні витрати пального

$$V = 3,6 + 1,2 = 4,8 (л).$$

3.9 Технологічний регламент і технічні засоби для проведення випробувань систем при їх здачі в експлуатацію

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

Під час зовнішнього огляду перевіряють відповідність виконаних монтажних робіт затвердженому проєкту, правильність збирання і міцність закріплення труб, нагрівальних пристроїв, встановлення контрольно-вимірювальних приладів, запірної та регулюючої арматури, дотримання нахилів, звертають увагу на відносну безшумність роботи насосів і системи в цілому, відсутність протікання в різьбових з'єднаннях, секціях радіаторів, кранах, засувках тощо.

Після зовнішнього огляду до початку малярних або інших лицювальних робіт систему опалення випробовують на міцність і герметичність. Для точнішого виявлення дефектних місць кожна система випробовується окремими ланками, а потім повністю.

Здаючи системи 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.

Висновки до розділу 3

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 – 11510 кг;

допоміжні матеріали – 149,3 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 (додаток Б, аркуш 7). Запроектований термін виконання всього монтажного процесу – 54,5 дні. Загальна трудомісткість процесу монтажу системи – 1006,75 люд.-дні.

Побудовано графік руху робітників та графік руху машин і механізмів. Підраховано техніко-економічні показники графіку руху робітників (додаток Б, аркуш 7), які знаходять у встановлених межах.

Підраховано витрати електроенергії на монтаж системи, які складають:

-перфоратором Makita HR3200C – 23,46 $\text{кВт} \cdot \text{год}$;

-агрегатом для зварювання Odwerk BSG 73 – 205,8 $\text{кВт} \cdot \text{год}$;

-опресувальним насосом RP-30 – 77,22 $\text{кВт} \cdot \text{год}$.

Таким чином, загальні витрати електроенергії становлять 306,48 $\text{кВт} \cdot \text{год}$. Витрати пального – 4,8 л.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НС

4.1 Загальні положення та нормативна база

У сучасних умовах питання охорони праці посідає важливе місце у процесі проєктування, будівництва та експлуатації об'єктів житлового призначення. Ефективна система безпеки дозволяє забезпечити належний рівень захисту здоров'я і життя працівників, мінімізувати вплив небезпечних та шкідливих факторів на організм людини, а також зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище.

Дана кваліфікаційна робота присвячена організації монтажу системи опалення в житловому будинку, що зумовлює необхідність урахування специфічних умов виконання робіт. Роботи виконуються у теплий період року в закритих приміщеннях із використанням зварювального та електромонтажного обладнання. У зв'язку з цим особливу увагу приділено питанням мікроклімату, складу повітря, параметрам шуму, вібрацій, освітлення, електробезпеки та пожежної безпеки.

Згідно з вимогами ДСТУ OHSAS 18002:2015 та ДСТУ ISO 45001:2019, система управління охороною праці має бути невід'ємною складовою будь-якої виробничої діяльності. Для підвищення рівня безпеки кожен етап робіт аналізується з позицій потенційних загроз, з визначенням відповідних технічних і організаційних заходів, спрямованих на їх усунення або мінімізацію.

У межах розділу розглядаються заходи, що забезпечують:

- безпечну організацію робочих місць;
- дотримання норм мікроклімату;
- контроль за складом повітря робочої зони;
- відповідний рівень виробничого освітлення;

- обмеження впливу шуму, вібрацій, випромінювання;
- вимог електробезпеки;
- дотримання правил пожежної безпеки.

Питання охорони праці розглядаються з урахуванням чинних нормативних документів, з посиланням на відповідні ДБН, ДСТУ, НПАОП та інші акти законодавства України.

4.2. Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

У роботі розглядаються питання безпечної організації робочих місць під час виконання монтажу системи опалення у житловому будинку. Враховуючи специфіку монтажних робіт, робочі місця є непостійними та організовуються безпосередньо на об'єкті в залежності від етапів робіт.

У відповідності до вимог ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги» та НПАОП 0.00-7.15-18, робочі місця організовано з урахуванням:

- дотримання проходів між зонами монтажу не менше 0,8 м;
- наявності справного інструменту, що зберігається у спеціальних контейнерах;
- відсутності легкозаймистих матеріалів і сміття на робочому місці;
- розміщення обладнання на висоті, яка не потребує перенапруги м'язів спини та рук.

Робочі місця на висоті понад 1,3 м від підлоги повинні бути обладнані захисними огороженнями заввишки не менше 1,1 м відповідно до ДБН А.3.2-2-2009.

4.3. Електробезпека

Приміщення, в яких виконуються роботи, належать до категорії з підвищеною небезпекою, згідно з ПУЕ та НПАОП 0.00-1.32-01. Це обумовлено

можливістю одночасного дотику до корпусів електрообладнання і заземлених металевих елементів конструкцій будівлі.

Відповідно до ПУЕ, при напрузі 380 В, трифазній мережі з глухозаземленою нейтраллю застосовується занулення. При цьому у разі пробією фази на корпус відбувається коротке замикання, що забезпечує автоматичне вимкнення аварійної ділянки.

4.4 Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

- Ізоляція струмоведучих елементів відповідно до вимог ПУЕ [10];
- Використання захисного вимкнення (УЗО) для монтажного інструменту;
- Захисне занулення корпусів установок;
- Застосування пониженої напруги (12/42 В) для ручного освітлення;
- Укладання кабелів у захисні коробки;
- Встановлення попереджувальних знаків, табличок, кольорового маркування провідників.

Формула розрахунку опору розтікання струму для одиночного вертикального електрода:

$$R_1 = \frac{100 \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[\ln \left(\frac{2l}{d} \right) - 1 \right]$$

де:

- ρ – питомий опір ґрунту, Ом·м (для суглинку приймається $\rho=100$ Ом·мОм);
- $l=2,5$ – довжина електрода;
- $d=0,02$ – діаметр електрода.

Визначення кількості електродів:

$$n = \frac{R_1}{R_H \cdot K_C}$$

де:

- R_H – нормативний опір заземлення (до 4 Ом);
- K_C – коефіцієнт сезонності (1,8...2,0).

Визначення опору штабного заземлювача:

$$R_{\text{ш}} = \frac{0,18 \cdot \rho}{l_{\text{ш}} \cdot h}$$

де:

- $l_{\text{ш}}$ – довжина штаби;
- h – глибина закладання;
- ρ – питомий опір ґрунту.

Таблиця 1.1 – Категорія умов за ступенем електронебезпеки

Категорія	Умови	Приклади факторів
Без підвищеної небезпеки	Відсутність небезпечних факторів	Сухе приміщення, температура до 35°C
Підвищена небезпека	Наявність одного фактора	Вологість понад 75%, провідні підлоги
Особливо небезпечна	Два і більше факторів одночасно	Волога, струмопровідний пил, конденсація

Таблиця 1.2 – Технічні рішення щодо електрозахисту

Напрямок захисту	Технічне рішення
Від контакту з відкритими елементами	Ізоляція, огороження, блокування
При пошкодженні ізоляції	Занулення, захисне вимкнення
Засоби індивідуального захисту	Діелектричні рукавиці, інструмент з ізоляцією

2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.4.1 Мікроклімат

Робоча зона при виконанні монтажу системи опалення у житлових приміщеннях під час теплого періоду року характеризується як непостійне робоче місце. Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», основними параметрами мікроклімату є температура повітря, відносна вологість та швидкість руху повітря.

З урахуванням характеру виконуваних робіт (пайка поліпропіленових труб, слюсарні роботи), категорії складності робіт визначено згідно з ДСН і наведено в таблиці:

Таблиця 2.1 – Визначення категорії складності робіт

Найменування роботи	Категорія складності роботи
Розтрубна пайка поліпропіленових трубопроводів	ІІб
Слюсарні роботи при монтажі системи опалення	ІІІ

Таблиця 2.2 – Допустимі параметри мікроклімату

Кат. складності	Темп. повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Оптим. / Допуст.	Оптим. / Допуст.	Оптим. / Допуст.
ІІб	20–22 / 15–29	40–60 / до 70	0,3 / 0,2–0,5
ІІІ	18–20 / 13–28	40–60 / до 75	0,4 / 0,5–0,6

Таблиця 2.3– Фактичні параметри мікроклімату

Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Теплий	24–28	55–70	0,3–0,5

Очікувані фактичні значення відповідають допустимим, тому зміни у функціональному стані організму працівників відновлюються у межах регламентованого часу відпочинку. З метою підтримки мікроклімату у нормативних межах у роботі передбачено:

- Встановлення загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції;
- Використання мобільних витяжних пристроїв у зонах пайки;
- Обмеження тривалості робіт при підвищених температурах до 6 годин на добу;
- Забезпечення працівників питним режимом та охолодженими напоями;
- Використання спецодягу з високою паропроникністю.

4.4.2. Склад повітря робочої зони

Під час розтрубної пайки поліпропіленових труб у повітря робочої зони виділяються хімічні сполуки, які згідно з ДСТУ-Н Б А.3.2.1:2007 класифікуються як шкідливі речовини з інгаляційним шляхом надходження.

Таблиця 2.4 – Можливі забруднювачі повітря та їх ГДК

Речовина	Клас небезпеки	ГДК, мг/м³
----------	----------------	------------

Формальдегід	2	0,5
Ацетальдегід	3	5,0
Оксид вуглецю	4	20
Пил	4	2,0
Аерозоль поліетилену	4	10,0

Контроль повітря виконується згідно з ДСТУ EN 689:2021, з урахуванням інтенсивності робіт, агрегатного стану речовин та їх летючості.

Для забезпечення повітряного середовища, яке відповідає нормативам, у роботі пропонується:

- Застосування витяжних зонтів у місцях пайки;
- Організація примусової вентиляції під час пайки труб;
- Використання респіраторів з фільтрами A2P2 для формальдегіду;
- Періодичний контроль концентрацій у повітрі робочої зони;
- Використання матеріалів з підтвердженою токсикологічною безпечністю.

4.4.3. Виробниче освітлення

Під час монтажу системи опалення необхідно забезпечити достатній рівень освітлення, який дає змогу виконувати зорову роботу середньої точності. Основними об'єктами розрізнення при цьому є:

- дефекти зварних з'єднань поліпропіленових труб;
- різьбові з'єднання та фітинги;
- маркування обладнання та труб.

Згідно з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», роботи, що передбачають розрізнення об'єктів розміром 0,5–1 мм, належать до IV розряду зорової роботи, підрозряд б.

Характеристика зорової роботи	Найменший об'єкт розрізнення, мм	Розряд зор. роботи	Підрозряд зорової роботи	Контакт об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення		Природне освітлення	
						Освітленість, лк		КПО $e_H^{III}, \%$	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або комбіноване	Бокове
Середньої точності	Від 0,5 до 1	IV	б	малий	середній	500	200	2,4	0,9

Технічні рішення з освітлення передбачають:

- Використання комбінованої системи освітлення: загального освітлення та місцевого підсвічування зони пайки;
- Розміщення світильників із світлодіодними лампами потужністю 18–24 Вт з колірною температурою 4000–5000 К (біле нейтральне світло);
- Встановлення переносних світильників із напругою 42 В у місцях з підвищеною вологістю;
- Розміщення джерел світла відповідно до зон активності монтажників;
- Застосування світильників з рівномірною кривою світлорозподілу, щоб уникнути різких тіней.

-Вибір джерел світла ґрунтується на їх енергоефективності, терміні служби та відповідності нормативним вимогам щодо освітленості. Світлодіодні джерела світла обрано як найбільш раціональний варіант через їхню високу світлову віддачу (до 100–120 лм/Вт), що значно перевищує показники ламп розжарювання.

У разі недостатнього природного освітлення (в похмуру погоду, у вечірній час) загальна освітленість компенсується додатковими мобільними світильниками.

4.4.4. Виробничий шум

Під час монтажу системи опалення основними джерелами шуму є електроінструмент (перфоратори, шуруповерти, болгарки), що застосовується при свердлінні отворів, закріпленні трубопроводів, встановленні радіаторів тощо.

Шум впливає на працездатність, викликає фізіологічні порушення та знижує безпеку виконання робіт. Нормування рівнів шуму здійснюється згідно з ДСН 3.3.6.037-99

Допустимі рівні звукового тиску у робочих зонах наведено в таблиці нижче:

Таблиця 2.6 – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску в октавних смугах (дБ) при частотах (Гц)	Еквівалентний рівень звуку (дБА)
	31,5	63
Непостійні робочі місця	107	95

Фактичні заміри шуму для перфоратора Makita, що використовується на об'єкті, наведено в таблиці нижче:

Таблиця 2.7 – Рівні звукового тиску перфоратора Makita

Джерело шуму	31,5 Гц	63 Гц	Еквівалентний рівень, дБА

Перфоратор Makita	103	95	92
----------------------	-----	----	----

Згідно з даними таблиць, рівень звукового тиску перевищує допустимі значення для непостійних робочих місць. Тому у роботі передбачено наступні технічні та організаційні рішення:

- Застосування засобів індивідуального захисту органів слуху: протишумові навушники або вкладиші з шумопоглинанням не менше 20 дБ;
- Обмеження часу використання гучного інструменту до 4 годин на добу;
- Організація регламентованих перерв: не менше 2 перерв по 15 хвилин;
- Розміщення шумного обладнання в окремих приміщеннях з підвищеною звукоізоляцією;
- Застосування антивібраційних прокладок між обладнанням та несучими конструкціями;
- Інформування персоналу про рівні шуму та засоби захисту – інформаційні таблички біля місця використання інструменту.

У разі систематичного перевищення рівнів шуму рекомендовано провести акустичну паспортизацію приміщення.

4.4.5. Виробничі вібрації

Під час монтажу системи опалення основним джерелом вібрацій є ручний електроінструмент, зокрема перфоратор, що застосовується для свердління та демонтажу конструкцій. Вібрації можуть негативно впливати на опорно-руховий апарат, нервову систему та викликати професійні захворювання.

Виробничі вібрації поділяються на:

- локальні (передаються через руки);
- загальні (передаються через опору тіла).

У розглянутому випадку переважає локальна вібрація, що виникає при роботі з ручним інструментом. Згідно з ДСН 3.3.6.039-99, категорія вібрації: тип А, категорія 3 – технологічна локальна вібрація.

Таблиця 2.8 – Гранично допустимі рівні локальної вібрації

Частота, Гц (октавна смуга)	Віброшвидкість, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$	дБ	Віброприскорення, м/с^2	дБ
8	2,8	115	1,4	73
16	1,4	109	1,4	73
31,5	1,4	109	2,7	79
Коректований еквівалент	2,0	112	2,0	76

Таблиця 2.9 – Фактичні характеристики вібрації перфоратора Makita

Частота, Гц (октавна смуга)	Віброшвидкість, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$	дБ	Віброприскорення, м/с^2	дБ
8	1,3	71	1,35	74,7
16	1,35	73	—	—
31,5	1,4	80	—	—

Порівняльний аналіз показує, що фактичні рівні не перевищують гранично допустимих значень. Проте з метою мінімізації дії вібрацій та профілактики професійних захворювань у роботі передбачено:

- Використання віброзахисних рукавиць із віброізолюючими вставками;
- Обмеження тривалості контактної дії з інструментом – не більше 4 годин на зміну;
- Регламентовані перерви – двічі на зміну не менше 15 хвилин;
- Чергування операцій (монтажні/немонтажні), щоб уникнути накопиченого втомлення м'язів рук;
- Впровадження інструментів з антивібраційними руків'ями;

-Контроль технічного стану обладнання, уникнення розбалансованих, пошкоджених або невідрегульованих інструментів.

У разі збільшення часу контакту з джерелами вібрацій необхідне проведення медичних оглядів та оцінка сумарного вібраційного навантаження.

4.4.6. Виробничі випромінювання

У процесі монтажу системи опалення джерелами виробничого випромінювання є переносні апарати для пайки поліпропіленових труб, які функціонують за рахунок електронагрівального елементу.

Основним типом випромінювання, що виникає при цьому, є інфрачервоне (ІЧ) теплове випромінювання. Ультрафіолетове та іонізуюче випромінювання при даних умовах відсутнє.

Відповідно до ДСН 3.3.1.038-99, нормованим показником ІЧ-випромінювання є потужність теплового потоку, що діє на шкіру людини у зоні обслуговування обладнання. Допустимі значення наведені в таблиці:

Таблиця 2.10 – Гранично допустимі рівні інфрачервоного випромінювання

Вид випромінювання	Нормований показник	Граничне значення
Інфрачервоне (ІЧ) випромінювання	Потужність теплового потоку, Вт/м ²	≤ 350

Фактичне значення теплового потоку на відстані робочої зони становить $\approx 140\text{--}180$ Вт/м², що не перевищує допустимого рівня і не становить загрози для здоров'я працівників.

У роботі передбачено наступні попереджувальні заходи:

-Встановлення захисних екранів або кожухів на нагрівальні елементи;

- Обмеження тривалості безпосереднього впливу ІЧ-випромінювання (не більше 10 хв безперервно);

- Використання захисного спецодягу з термостійких матеріалів, зокрема рукавиць та рукавів;

- Застосування рукояток із теплоізолюючими накладками на апаратах для пайки;

- Контроль справності нагрівальних елементів та виключення перегріву.

Таким чином, у роботі відсутні умови, що вимагають нормування лазерного, ультрафіолетового чи електромагнітного випромінювання, а параметри інфрачервоного випромінювання перебувають у межах допустимих норм.

3. Технічні рішення з пожежної безпеки

4.5 Пожежна безпека на об'єктах

Пожежна безпека на об'єктах, де проводяться монтажні роботи систем опалення, забезпечується виконанням вимог Кодексу цивільного захисту України, ДСОП, ДБН В.1.1-7:2016, НАПБ А.01.001-2004 та інших нормативних документів, що регламентують організацію та здійснення заходів із запобігання пожежам та мінімізації їх наслідків.

Основні фактори пожежонебезпеки:

- наявність легкозаймистих матеріалів (пластикові труби, утеплювачі, оздоблювальні матеріали);

- використання нагрівальних пристроїв при пайці (до 260°C);

- наявність пилу, що може бути джерелом займання;

- електричне обладнання, зокрема ручний інструмент, що під'єднується до мережі 220/380 В.

Категорія приміщення

Згідно з ДБН В.1.1-7:2016, приміщення, де виконуються роботи з пайки поліпропіленових труб, класифікуються як такі, що мають категорію пожежонебезпеки В1г, а зона робочого місця — як зона класу П-Па (наявність горючих матеріалів і пилу).

Запропоновані технічні рішення:

- Організація місця пайки у добре провітрюваному приміщенні без скупчення легкозаймистих матеріалів;
- Розміщення нагрівального обладнання на негорючій підставці, подалі від штор, пінопласту, деревини;
- Забезпечення протипожежного розриву між джерелами тепла і горючими конструкціями не менше 0,5 м;
- Проведення візуального огляду електроінструменту перед початком зміни;
- Забезпечення наявності первинних засобів пожежогасіння;
- Проведення інструктажу з пожежної безпеки перед початком монтажних робіт.

Вибір типу і кількості вогнегасників

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-56:2014 та додатком Т до методичних вказівок, визначено необхідний тип вогнегасника:

- Тип приміщення: монтажні роботи, клас П-Па;
- Ймовірні типи пожеж: тліючі матеріали, пластмаси, електрообладнання під напругою;
- Рекомендований тип: вогнегасник порошковий (ВП-5 або ВП-9).

Таблиця 3.1 – Вибір типу та кількості вогнегасників

Тип приміщення	Тип вогнегасника	Мінімальна кількість	Місце розміщення
Монтажне приміщення, П-Па	ВП-5, ВП-9	1 шт на 20 м²	Біля виходу з приміщення

Додаткові організаційно-технічні заходи:

- Позначення шляхів евакуації та їх вільне утримання;
- Щоденна перевірка доступності засобів пожежогасіння;
- Заборона використання пошкодженого електроінструменту;
- Очищення місця пайки після завершення робіт;
- Встановлення попереджувальних табличок («Пожежонебезпечно», «Не курити», тощо);
- Забезпечення відповідності електромережі класу пожежної безпеки.

Таким чином, запропоновані технічні рішення спрямовані на локалізацію потенційно небезпечних зон та усунення джерел займання, що забезпечує пожежну безпеку на об'єкті.

Висновки до розділу 4

У розділі було всебічно розглянуто організаційні та технічні рішення, спрямовані на створення безпечних та здорових умов праці під час виконання монтажних робіт з влаштування системи опалення у житловому будинку.

На підставі проведеного аналізу встановлено:

- Робочі місця віднесено до категорії непостійних, роботи виконуються в умовах підвищеної пожежної та електричної небезпеки;
- Фактичні параметри мікроклімату, освітлення, рівнів шуму, вібрацій та інфрачервоного випромінювання не перевищують допустимі значення, визначені нормативними документами;
- Забезпечено відповідні засоби індивідуального захисту: респіратори, рукавиці, спецодяг, протишумові навушники, віброзахисні рукавиці;
- Здійснено розрахунок заземлення електронагрівача індукційного котла відповідно до умов експлуатації у мережі 380 В;
- Розроблено технічні заходи протипожежного захисту з урахуванням класу зони П-Па та передбачено розміщення порошкових вогнегасників типу ВП-5;
- Надано рекомендації щодо електробезпеки, організації робочих місць, режиму праці та відпочинку.

Таким чином, реалізація запропонованих заходів забезпечує відповідність умов праці діючим нормам охорони праці, санітарно-гігієнічним і протипожежним вимогам, що дозволяє гарантувати безпеку персоналу та ефективне виконання монтажних робіт.

Загальні висновки

У процесі виконання переддипломної практики за темою «Енергоефективна система тепlopостачання з інтегрованими рекреаційними зонами на даху багатоповерхового будинку» було досягнуто низку практичних та наукових результатів:

- Здійснено комплексний аналіз сучасних підходів до організації тепlopостачання, з акцентом на комбіноване використання традиційних і відновлюваних джерел енергії. Особливу увагу приділено можливостям сонячних колекторів, теплових насосів і індукційних електронагрівачів.

- Підтверджено доцільність впровадження локального теплового пункту, а також використання електроопалення як стабільної та безпечної альтернативи централізованим джерелам тепла.

- Розроблено технічні схеми системи опалення та гарячого водопостачання для житлової будівлі та зимового саду, з використанням енергоакumuлюючих технологій.

- Проведено теплотехнічні та гідравлічні розрахунки, а також моделювання теплових процесів у рекреаційній зоні з урахуванням використання ґрунтового та повітряного опалення.

- Визначено техніко-економічну ефективність запропонованої системи.

Основні розрахункові показники:

- економічна ефективність на вкладення: 219131 грн,
- економія на експлуатаційних витратах: 108000 грн на рік,
- термін окупності – 3,3 роки.
- Запропоновано послідовність технічної реалізації, підібрано обладнання, інструменти та машини, а також визначено обсяги та тривалість виконання робіт.
- Надано рекомендації щодо умов експлуатації систем у звичайному режимі та в умовах впливу зовнішніх загроз, зокрема електромагнітного

випромінювання й іонізуючих факторів.

– Розроблено систему заходів з енергозбереження, до яких відносяться теплоізоляція мереж, застосування енергоощадного обладнання, а також уточнено параметри ефективної товщини утеплення стін. За підрахунками, це дозволяє знизити тепловтрати до 8 %.

– Оцінено енергетичну ефективність розробленої системи – за показниками енергетичного паспорта вона належить до класу «В».

– Загалом доведено, що розроблена система є технічно обґрунтованою, екологічно безпечною та придатною до впровадження у будівельній практиці для об'єктів житлового типу з рекреаційними зонами.

Таким чином, реалізована модель теплопостачання демонструє високий рівень ефективності, надійності та відповідає сучасним вимогам до сталого будівництва.

Список використаних джерел

1. Нестеренко О. О., Мельник І. Ю., Сигидин А. В., Коц І. В. Енергоефективна система теплопостачання з інтегрованими рекреаційними зонами на даху багатоповерхового будинку. Молодь – енергоефективність – майбутнє України : тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 24–25 квіт. 2025 р. / Вінниц. нац. техн. ун-т. Вінниця, 2025.
2. Жеболенко О. С. Індукційні котли та перспективи їх застосування / Тези студентських доповідей XLIV науково-технічної конференції ВНТУ. – Вінниця, 2014. – С.
3. Пономарчук А. Ф. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Опалення» /Вінниця : ВНТУ, 2005.
4. Ратушняк Г. С. Практикум з будівельної теплофізики: навч. посіб. / Вінниця : ВДТУ, 1998.
5. Ратушняк Г. С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції: навч. посіб. /: ВДТУ, 2001.
6. Ратушняк Г. С. Будівельна теплофізика: навч. посіб. для вузів /Вінниця : ВНТУ, 2004
7. Патент на корисну модель №57717 UA F24J 2/04. Система водяного теплопостачання / М. М. Гецько, С. Є. Паскаль, О. М. Гецько // Опубл. 10.03.11. Бюл. №5.
8. Патент на корисну модель №53370 UA F24J 2/34. Комбінована система сонячного теплопостачання / С. П. Шаповал // Опубл. 11.10.10. Бюл. №19.
9. Патент на корисну модель №68592 UA F24J 2/42. Акумуляційна геліогрунтова теплонасосна система теплопостачання / А. А. Долінський, Б. І. Басок, О. М. Недбайло та ін. // Опубл. 26.03.12. Бюл. №6.
10. Патент на корисну модель №61943 UA F24D 3/00. Система автономного теплопостачання будівель / М. В. Степанов, П. М. Мороз // Опубл. 10.08.11. Бюл. №15.

11. ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 128 с.
12. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ : Мінрегіон України, 2018.
13. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2016.
14. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
15. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К. : МОЗ України, 1999.
16. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму. – К. : МОЗ України, 1999.
17. ДСН 3.3.6.039-99. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності. – К. : МОЗ України, 1999.
18. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. – К. : МНС України, 2004.
19. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
20. Методичні вказівки до розробки розділу «Охорона праці» у кваліфікаційних роботах. – Львів : ЛНУ, 2020.
21. О. Д. Панкевич. Організація будівництва: навчальний посібник/ - Вінниця: ВНТУ, 2007
22. Панкевич О. Д. Теплопостачання: навчальний посібник / О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська, О.В. Титко. – Вінниця : ВНТУ, 2021

Затверджено:
Зав. кафедри ІСБ
к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.

“ 13 ” 2025р



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи:

**«Енергоефективна система теплопостачання з інтегрованими
рекреаційними зонами на даху багатоповерхового будинку**

»

Розробив _____ Нестеренко О.О.
ст. гр. СМ-216

Керівник _____ Коц І.В.
к.т.н., професор

Вінниця 2025

Технічне завдання

1 Призначення розробки та місце застосування

Система призначена для теплопостачання багатоповерхового житлового будинку з урахуванням енергоефективності, автономності та комфортного мікроклімату в усіх приміщеннях, включаючи рекреаційні зони типу «зимовий сад» на даху. Її впровадження передбачено як складову частину загальної інженерної інфраструктури об'єкта будівництва.

2 Основа та підстава для виконання робіт

Розробка базується на технічних характеристиках проєктованого об'єкта, кліматичних умовах регіону, результатах енергоаудиту, розрахунках теплового навантаження, а також на сучасних вимогах до енергозбереження, що закріплені в нормативно-правовій базі.

3. Мета та призначення розробки

Основна мета полягає у підвищенні енергоефективності системи теплопостачання шляхом застосування комбінованих джерел енергії, зокрема теплових насосів, індукційних котлів, сонячних колекторів і акумуляційних ємностей. Система має забезпечувати стабільне опалення, гаряче водопостачання та підтримання сприятливого мікроклімату при мінімальному використанні традиційних енергоносіїв.

4 Джерела розробки

До джерел належать результати енергоаудиту об'єкта, технічні характеристики споруди, чинна нормативна база (ДБН В.2.5-67:2013, ДСТУ), типові рішення сучасних систем теплопостачання, а також досвід впровадження геліосистем і теплонасосного обладнання в умовах, подібних до об'єкта проєктування.

5 Технічні вимоги

У системі передбачено застосування теплогенераторів із ККД не нижче 95%, забезпечення гідравлічного балансу трубопровідної мережі, використання

автоматичних систем керування з погодним регулюванням, обмеження максимальної температури теплоносія до 70 °С, а також забезпечення сумісності з системами рекуперації та зберігання теплової енергії.

6. Вимоги щодо стандартизації та уніфікації

У проєкті планується застосування стандартизованих технічних елементів, таких як трубопроводи, фітинги, вузли автоматики й контрольні модулі, що забезпечує спрощення монтажу, експлуатації та подальшого технічного обслуговування системи.

7 Вимоги до надійності

Встановлюються показники: середній ресурс безвідмовної роботи системи має становити не менше 5 років, а загальний строк служби — щонайменше 20 років при дотриманні умов експлуатації згідно з інструкцією виробника.

8 Ергономічні вимоги

Органи керування системою повинні бути розміщені у зручному для обслуговування місці, з можливістю цілодобового моніторингу. Розміри, індикація та інтерфейс керування мають відповідати вимогам ергономіки та чинних стандартів з безпеки.

9 Експлуатаційні та ремонтні вимоги

Система повинна забезпечувати можливість проведення сезонного та планового технічного обслуговування, бути сумісною з наявним обладнанням і мати конструкцію, яка дозволяє легкий доступ до основних вузлів для інспекції, ремонту або заміни.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Енергоефективна система тепlopостачання з інтегрованими рекреаційними зонами на даху багатоповерхового будинку

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
Підрозділ кафедра Інженерних систем у будівництві

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 1,77 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

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

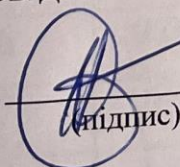
☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

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

Ободянська О.І., к.т.н., доцент каф. ІСБ
(прізвище, ініціали, посада)

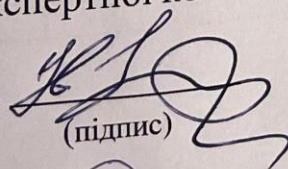
Особа, відповідальна за перевірку:


(підпис)

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

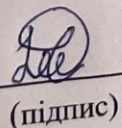
З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник


(підпис)

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

Здобувач


(підпис)

Нестеренко О.О.
(прізвище, ініціали)



Додаток В Параметри гідравлічного розрахунку системи опалення першого
поверху

Таблиця В.1

Под./ Звор.	№ діл. (№ поверху. № ділянки)	l , м	d , м	Q , Вт	G , кг/год	v , м/с	R , Па	$\sum \xi$	ΔP , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П	1.1	10,02	0,02	924	39,732	0,4	120,2263	3,85	1503,982
П	1.2	3,69	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	2,65	649,6567
П	1.3	3,43	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	525,1051
П	1.4	2,56	0,02	716	30,788	0,4	120,2263	1,45	1595,27
П	1.5	7,59	0,02	1640	70,52	0,4	120,2263	4,6	4369,392
П	1.6	4,13	0,02	616	26,488	0,4	120,2263	2,65	702,5563
П	1.7	1,3	0,02	1232	52,976	0,4	120,2263	1,45	971,5793
П	1.8	1,61	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	306,2932
П	1.9	9,07	0,025	1590	68,37	0,4	90,96243	5,8	2553,817
П	1.10	2,96	0,02	924	39,732	0,4	120,2263	2,65	561,8915
П	1.11	0,51	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	174,0442
П	1.12	11,77	0,02	1282	55,126	0,4	120,2263	6,6	2664,11
П	1.13	1,61	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	306,2932
П	1.14	4,13	0,02	616	26,488	0,4	120,2263	2,65	702,5563
П	1.15	1,3	0,02	1232	52,976	0,4	120,2263	1,45	971,5793
П	1.16	9,07	0,025	1590	68,37	0,4	90,96243	5,8	2553,817
П	1.17	10,05	0,02	924	39,732	0,4	120,2263	3,85	1507,589
П	1.18	3,43	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	525,1051

Таблица В.1 (продовження)

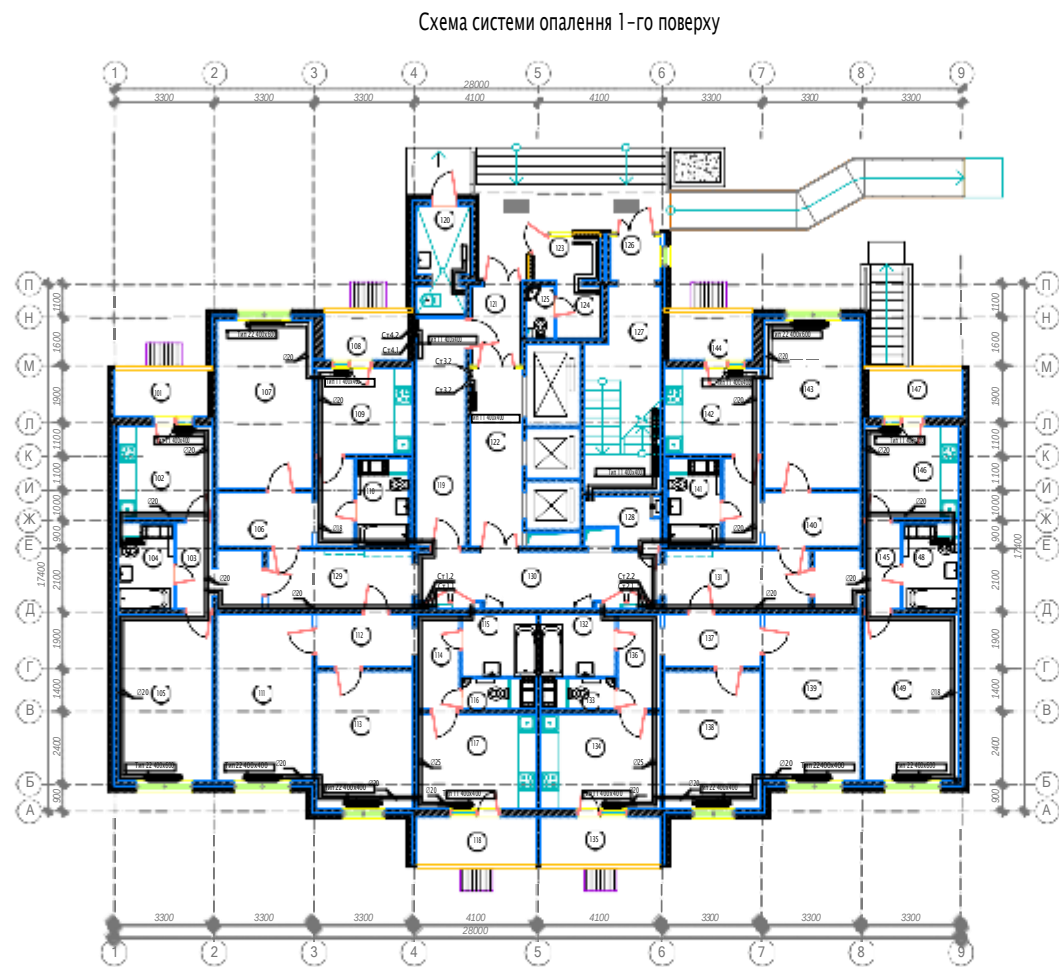
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П	1.19	3,69	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	2,65	649,6567
П	1.20	2,56	0,02	716	30,788	0,4	120,2263	1,45	1595,27
П	1.21	7,59	0,02	1640	70,52	0,4	120,2263	4,6	4372,999
П	1.22	2,96	0,02	924	39,732	0,4	120,2263	2,65	561,8915
П	1.23	0,51	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	174,0442
П	1.24	11,67	0,02	1282	55,126	0,4	120,2263	6,6	2652,087
3	1.1a	10,76	0,02	924	39,732	0,4	120,2263	3,85	1592,95
3	1.2a	4,96	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	2,65	802,3442
3	1.3a	3,56	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	540,7345
3	1.4a	2,56	0,02	716	30,788	0,4	120,2263	1,45	1763,587
3	1.5a	7,59	0,02	1640	70,52	0,4	120,2263	4,6	4626,677
3	1.6a	4,3	0,02	616	26,488	0,4	120,2263	2,65	722,9948
3	1.7a	2,6	0,02	1232	52,976	0,4	120,2263	1,45	1148,312
3	1.8a	2,02	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	355,586
3	1.9a	9,21	0,025	1590	68,37	0,4	90,96243	5,8	2792,577
3	1.10a	4,07	0,02	924	39,732	0,4	120,2263	2,65	695,3427
3	1.11a	1,06	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	240,1687
3	1.12a	11,67	0,02	1282	55,126	0,4	120,2263	6,6	2851,663
3	1.13a	2,02	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	355,586
3	1.14a	4,3	0,02	616	26,488	0,4	120,2263	2,65	722,9948
3	1.15a	2,6	0,02	1232	52,976	0,4	120,2263	1,45	1148,312
3	1.16a	9,21	0,025	1590	68,37	0,4	90,96243	5,8	2792,577
3	1.17a	10,76	0,02	924	39,732	0,4	120,2263	3,85	1592,95
3	1.18a	3,56	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	1,45	540,7345
3	1.19a	4,96	0,02	358	15,394	0,4	120,2263	2,65	802,3442
3	1.20a	2,56	0,02	716	30,788	0,4	120,2263	1,45	1763,587
3	1.21a	7,59	0,02	1640	70,52	0,4	120,2263	4,6	4626,677

Таблиця В.1 – Оцінка гідравлічних показників системи опалення

Под./ Звор.	№ діл. (№ поверху. № ділянки)	l , м	d , м	Q , Вт	G , кг/год	v , м/с	R , Па	$\sum \xi$	ΔP , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<u>Зона №1</u>									
П	0.1	9,8	0,02	447	19,221	0,5	181,1123	10,55	3056,462
П	0.2	4	0,02	358	15,394	0,5	181,1123	11,15	5135,358
П	0.3	2,4	0,05	4296	184,73	0,5	57,61334	1,45	12111,24
П	0.4	2	0,05	4743	203,95	0,5	57,61334	1,45	12402,6
П	0.5	7,3	0,05	8681	373,28	0,5	57,61334	1,7	19691,16
П	0.6	7,8	0,02	716	30,788	0,5	181,1123	4,55	21656,55
П	0.7	3,3	0,065	48808	2098,7	0,5	41,50437	1,2	26648,71
П	0.8	2,2	0,065	57489	2472,0	0,5	41,50437	1,2	26885,79
П	0.9	2,2	0,065	104541	4495,3	0,5	41,50437	3,6	31978,07
3	0.1a	9,8	0,02	447	19,221	0,5	181,1123	10,55	3056,462
3	0.2a	4	0,02	358	15,394	0,5	181,1123	11,15	5135,358
3	0.3a	2,4	0,05	4296	184,73	0,5	57,61334	1,45	12111,24
3	0.4a	2	0,05	4743	203,95	0,5	57,61334	1,45	12402,6
3	0.5a	7,3	0,05	8681	373,28	0,5	57,61334	1,7	19691,16
3	0.6a	7,8	0,02	716	30,788	0,5	181,1123	4,55	21656,55
3	0.7a	3,3	0,065	48808	2098,7	0,5	41,50437	1,2	26648,71
3	0.8a	2,2	0,065	57489	2472,0	0,5	41,50437	1,2	26885,79
3	0.9a	2,2	0,065	104541	4495,3	0,5	41,50437	3,6	31978,07
<u>Зона №2</u>									
П	0.1	7,4	0,05	7876	338,67	0,5	57,61334	1,45	17884,22
П	0.2	2,5	0,065	55814	2400,0	0,5	41,50437	1,45	24775,77
П	0.3	12,7	0,065	102608	4412,1	0,5	41,50437	3,85	32236,43

3	0.1a	7,4	0,05	7876	338,67	0,5	57,61334	1,45	17884,22
3	0.2a	2,5	0,065	55814	2400,0	0,5	41,50437	1,45	24775,77
3	0.3a	12,7	0,065	102608	4412,1	0,5	41,50437	3,85	32236,43

Лист № 06	Підпис: _____	
	Відомо: _____	
	Підпис: _____	
	Відомо: _____	



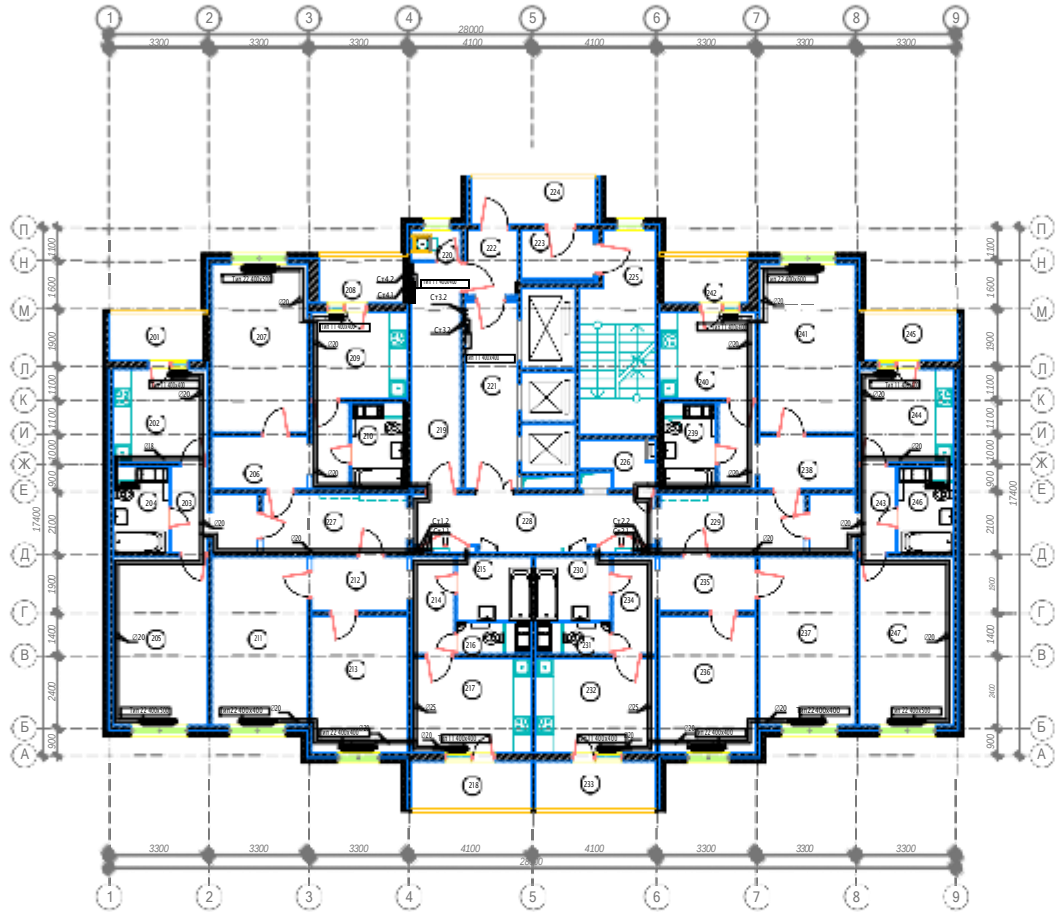
Експлікація приміщень 1-го поверху

№Приміщення	Назва приміщення	Тепловтрата, Вт	Площа приміщення, м2
101	Балкон	545	4,9
102	Кухня	309	9,4
103	Коридор	148	6,5
104	Сак. вузол	237	4,3
105	Спальня	807	17,2
106	Коридор	204	8,9
107	Спальня	796	17,3
108	Балкон	420	4,3
109	Кухня	122	8,9
110	Сак. вузол	119	4,1
111	Спальня	553	17,3
112	Коридор	125	5,5
113	Спальня	513	14,2
114	Коридор	101	4,4
115	Ванна	146	5,0
116	Туалет	46	1,6
117	Кухня	243	12,3
118	Балкон	552	6,1
119	Коридор	213	12,0
120	Сміттєкамера	304	5,4
121	Відний шлюз	196	4,2
122	Коридор	178	10,0
123	Приміщення конс'єржа	360	5,4
124	Приміщення конс'єржа	-	-
125	Приміщення конс'єржа	35	1,5
126	Відний шлюз	286	2,4
127	Сходова клітка	169	7,4
128	Технічне приміщення	55	3,1
129	Коридор	155	8,7
130	Коридор	248	14,0
131	Коридор	158	8,9
132	Ванна	146	5,0
133	Туалет	46	1,6
134	Кухня	243	12,3
135	Балкон	552	6,1
136	Коридор	101	4,4
137	Коридор	125	5,5
138	Спальня	510	14,2
139	Спальня	555	17,3
140	Коридор	204	8,9
141	Сак. вузол	119	4,1
142	Кухня	122	8,9
143	Спальня	795	17,3
144	Балкон	420	4,3
145	Коридор	148	6,5
146	Кухня	309	9,4
147	Балкон	546	4,9
148	Сак. вузол	239	4,3
149	Спальня	808	17,2

08-13.5KP.009.01.000.OB					
Ефективна система теплопостачання житлового 22-поверхового будинку із рекреаційною зоною на даху					
Зм.	кільк.	Арх.	Розроб.	Інжен.	Діагн.
Розроб.	Арх.	Розроб.	Розроб.	Розроб.	Розроб.
Перевірка	Перевірка	Перевірка	Перевірка	Перевірка	Перевірка
Н. контр.	Н. контр.	Н. контр.	Н. контр.	Н. контр.	Н. контр.
Утверджені	Утверджені	Утверджені	Утверджені	Утверджені	Утверджені
Схематизація	Схематизація	Схематизація	Схематизація	Схематизація	Схематизація
Схема системи опалення 1-го поверху				ВНТУ ст. гр. СМ-21Б	

Погодило	
Взам. інв. N.	
Лист № 005	

Схема системи опалення 2-22 поверхів



Експлікація приміщень 2-22 поверхів

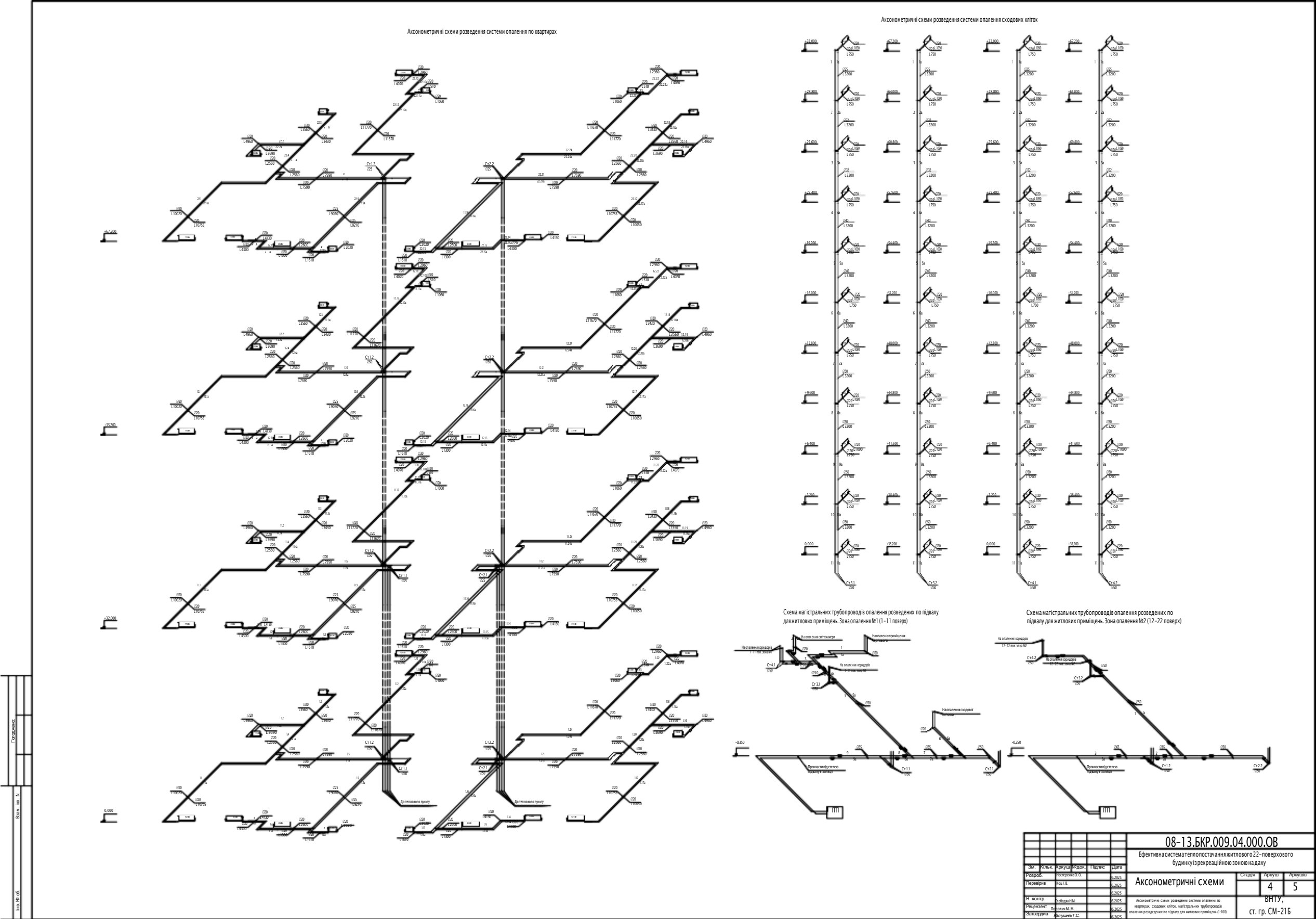
№Приміщення	Назва приміщення	Тепловтрати, Вт	Площа приміщення, м2
201	Балкон	505	4,9
202	Кухня	297	9,4
203	Коридор	141	6,5
204	Сан. вузол	216	4,3
205	Спальня	739	17,2
206	Коридор	194	8,9
207	Спальня	730	17,3
208	Балкон	390	4,3
209	Кухня	122	8,9
210	Сан. вузол	110	4,1
211	Спальня	509	17,3
212	Коридор	119	5,5
213	Спальня	470	14,2
214	Коридор	96	4,4
215	Ванна	135	5,0
216	Туалет	42	1,6
217	Кухня	243	12,3
218	Балкон	509	6,1
219	Коридор	213	12,0
220	-	169	1,2
221	Коридор	188	10,6
222	Шлюз	45	2,5
223	Шлюз	67	3,8
224	Шлюз	668	6,3
225	Сходова клітка	237	6,3
226	Технічне приміщення	55	3,1
227	Коридор	155	8,7
228	Коридор	249	14,0
229	Коридор	158	8,9
230	Ванна	135	5,0
231	Туалет	42	1,6
232	Кухня	244	12,3
233	Балкон	552	6,1
234	Коридор	96	4,4
235	Коридор	120	5,5
236	Спальня	468	14,2
237	Спальня	509	17,3
238	Коридор	194	8,9
239	Сан. вузол	110	4,1
240	Кухня	122	8,9
241	Спальня	749	17,3
242	Балкон	390	4,3
243	Коридор	141	6,5
244	Кухня	297	9,4
245	Балкон	505	4,9
246	Сан. вузол	217	4,3
247	Спальня	739	17,2

08-13.БКР.009.02.000.0В				
Ефективна система теплопостачання житлового 22-поверхового будинку із рекреаційною зоною на даху				
Сх.	Котл.	Арх.	Мод.	Т.Д.
Розроб.	Метельний О.	Дат.		
Перевірив	Ковал. В.	Арх.		
Н. контр.	Забудані М.	Арх.		
Резонсент	Ковал. В. М.	Арх.		
Затвердив	Резонсент Г.С.	Арх.		
Схема системи опалення 2-22 поверхів (1:100), експлікація приміщень 2-22 поверхів			Станд.	Арх.
			2	5
			ВНТУ ст. гр. СМ-216	

The architectural floor plan shows a symmetrical two-story building. The central feature is a staircase with a blue staircase symbol. To the left and right of the staircase are two large rooms, each containing a radiator and a window. A central corridor connects these rooms. The plan is overlaid on a grid with dimensions in millimeters. The overall dimensions are 28100 mm by 17400 mm. The grid lines are labeled 1 through 9 horizontally and A through H vertically. Key dimensions include 3300 mm for the room widths, 6200 mm for the central corridor, and 13800 mm for the main room height. The plan also shows a central staircase and two large rooms with radiators and windows.

№ № об.	Подпис і дата	Взам. інв. N	Посвідчення

[illegible]

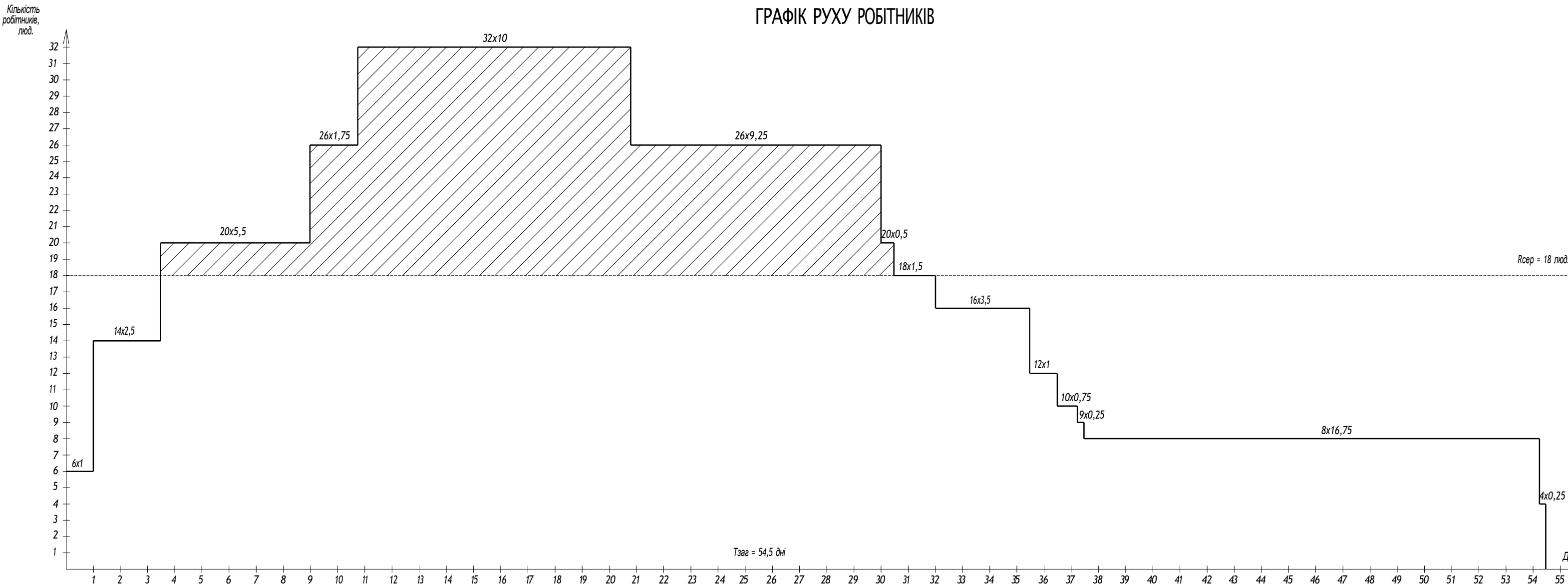


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ЖИТЛОВОГО БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ ІЗ РЕКРЕАЦІЙНОЮ ЗОНОЮ НА ДАХУ

[illegible]

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№ п/п	Позначення	Формула	Результат	Од. виміру
1	Qзаг	$\sum Q_i$	1006,75	люд-дні
2	Tзаг	—	54,5	днів
3	Rmax	—	32	люд
4	Rсер	$Q_{заг} / T_{заг}$	18	люд
5	Tсер	—	28,5	днів
6	Qнадп	—	240	люд-дні
7	α_1	$R_{сер} / R_{max}$	0,56	—
8	α_2	$Q_{надп} / Q_{заг}$	0,24	—
9	α_3	$T_{сер} / T_{заг}$	0,52	—



ГРАФІК РУХУ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

[illegible]