

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**«Енергоефективні системи тепlopостачання
житлової будівлі із використанням
геотермального теплового насоса»**

Виконав: магістрант 2 курсу, гр. ТГ-24м

Спеціальності: 192 - Будівництво та
цивільна інженерія

СВ Чебан О.Б.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., професор кафедри ІСБ

КІ Коц І.В.
(прізвище та ініціали)

« 15 » 12 2025р.

Опонент: к.т.н., доцент кафедри БМГА

ММ Попович М.М.
(прізвище та ініціали)

« 15 » 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІСБ

к.т.н., проф. Ратушняк Г.С.

ГС
(прізвище та ініціали)
« 15 » 12 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
 Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
 Кафедра інженерних систем у будівництві
 Рівень вищої освіти II (магістерський)
 Галузь знань 19 Архитектура та будівництво
 Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
 Освітня програма "Теплогазопостачання і вентиляція"



ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Чабана Олександра Борисовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи):

Енергоефективні системи тепlopостачання
житлової будівлі із використанням
геотермального теплового насоса

керівник проєкту (роботи): к.т.н., проф. каф. ІСБ Коц І.В.

затверджена наказом вищого навчального закладу від «09» 09 р. № 313

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 29 листопада 2025 р.

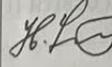
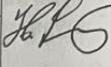
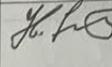
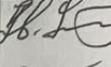
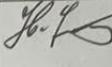
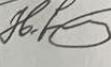
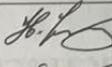
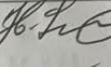
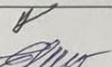
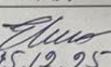
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Кліматичні дані згідно зони розташування об'єкта, генеральний план будівлі, плани поверхів. Технічні характеристики будівлі та запланованого обладнання: Характеристика огорожувальних конструкцій ($R_{ст}=3,3\text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$), I температурна зона, м. Ізмаїл. Будівельні вимоги та нормативи. Для наукової роботи вихідними даними є: відомі енергоефективні рішення систем тепlopостачання із використанням теплових насосів, дослідження в напрямку енергоефективності систем тепlopостачання житлових будівель та наукові публікації.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд відомих принципів та конструктивних рішень систем тепlopостачання житлових будівель, аналітичне обґрунтування, розрахунок основних параметрів системи тепlopостачання житлової будівлі, вибір основного обладнання для такої системи, підбір теплового насоса, оцінювання енергоефективності запропонованого комплексу обладнання для практичної реалізації проєктованої системи тепlopостачання, організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень та заходи з охорони праці і техніки безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт, заходи з експлуатації, техніко-економічні показники, загальний висновок, перелік використаних джерел, додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 Плакати: актуальність, мета і завдання, об'єкт і предмет дослідження; розрахункова схема ТНУ; графіки залежності коефіцієнта перетворення теплового насоса ТН; графіки показників питомих витрат електроенергії на одиницю виробленої теплоти; креслення: схеми розташування систем опалення на планах поверхів; аксонометричні схеми систем; календарні

плани монтажу систем тепlopостачання.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи):

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний огляд принципів та конструктивних рішень системи тепlopостачання житлової будівлі із використанням теплового насоса	Коц І.В., к.т.н., проф.	 1.09.25	 20.10.25
Аналітичне та практичне обґрунтування параметрів систем тепlopостачання, вибір обладнання	Коц І.В., к.т.н., проф.	 1.10.25	 15.11.25
Оцінювання енергоефективності запропонованого комплексу обладнання для практичної реалізації проєктованої системи тепlopостачання, Заходи з експлуатації	Коц І.В., к.т.н., проф.	 15.10.25	 15.11.25
Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень	Коц І.В., к.т.н., проф.	 15.10.25	 20.11.25
Техніко-економічні показники	Лялюк О.Г., к.т.н., доцент	 15.12.25	 15.12.25

6. Дата видачі завдання 01.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Складання завдання та змісту до МКР	05.09.2025	вик.
2	Аналітичний огляд принципів та конструктивних рішень системи тепlopостачання житлової будівлі із використанням теплового насоса	28.10.2025	вик.
3	Аналітичне та практичне обґрунтування параметрів систем тепlopостачання, вибір обладнання	15.11.2025	вик.
4	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень	22.11.2025	вик.
7	Техніко-економічні показники	25.11.2025	вик.
8	Оформлення графічної частини та пояснювальної записки, розробка презентації	27.11.2025	вик.
9	Попередній захист		вик.
10	Виправлення зауважень	29.11.2025	вик.
11	Рецензування	12.12.2025	вик.
12	Захист МКР	15.12.2025 17.12.2025	вик.

Магістрант  Чебан О.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)  Коц І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК: 69

Анота

Чебан

використан

спеціальнос

теплогазоп

На укр. мов

Магісте

тепlopоста

Актуаль

зниження

навколишн

тепlopоста

для клімат

геотермаль

Основні

втрати жит

системи: (

кількість с

теплого

розрахунк

програм д

заходів: д

та безпеч

Проведен

Наведені

енергії (С

застосува

теплого

Ключ

(ГТН), і

теплообм

енергії, е

УДК: 697.34: 697.7: 69.028

Анотація

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці **енергоефективної системи** теплопостачання житлового будинку на базі геотермального теплового насоса (ГТН).

Актуальність роботи обумовлена необхідністю підвищення енергетичної незалежності, зниження експлуатаційних витрат на опалення та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

У роботі проведено комплексний аналіз існуючих систем теплопостачання та обґрунтовано вибір геотермальної технології як найбільш перспективної для кліматичних умов України. Розроблена система включає ґрунтові теплообмінники, геотермальний тепловий насос та низькотемпературну систему опалення.

Основні результати роботи: Теплотехнічний розрахунок: Визначено розрахункові теплові втрати житлового будинку та необхідну потужність системи опалення. Проєктування ГТН-системи: Обґрунтовано та розраховано параметри геотермального контуру (глибина та кількість свердловин/довжина колектора) для забезпечення стабільної та ефективної роботи теплового насоса протягом опалювального періоду. Моделювання роботи: Виконано розрахункове моделювання роботи системи теплопостачання із застосуванням комп'ютерних програм для підтвердження ефективності та надійності запропонованого рішення. Розробка заходів: деталізовано організаційно-технічні заходи з монтажу, налагодження, випробування та безпечної експлуатації спроектованої системи.

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО): Проведено розрахунок інвестиційних витрат, експлуатаційних витрат та терміну окупності. Наведені техніко-економічні показники (ТЕП), включаючи високий коефіцієнт перетворення енергії (COP), підтверджують високу енергетичну ефективність та економічну доцільність застосування геотермальної системи теплопостачання житлової будівлі із використанням теплового насоса порівняно з традиційними джерелами.

Обсяг роботи: пояснювальна записка – ... аркушів основного тексту та 126 аркушів складають додатки, графічна частина – 10 аркушів формату А1.

Ключові слова: Енергоефективність, теплопостачання, геотермальний тепловий насос (ГТН), коефіцієнт перетворення (COP), низькотемпературне опалення, ґрунтовий теплообмінник, теплові втрати, техніко-економічне обґрунтування, відновлювані джерела енергії, експлуатаційні витрати.

Abstract

The Master's qualification thesis is devoted to the development of an energy-efficient heat supply system for a residential building based on a geothermal heat pump (GHP). The relevance of the work is due to the necessity of increasing energy independence, reducing heating operating costs, and minimizing the negative impact on the environment.

The thesis conducted a comprehensive analysis of existing heat supply systems and justified the choice of geothermal technology as the most promising for the climatic conditions of Ukraine. The developed system includes ground source heat exchangers, a geothermal heat pump, and a low-temperature heating system.

Main results of the work: thermal engineering calculation; the calculated heat losses of the residential building and the required heating system capacity were determined; GHP system design; the parameters of the geothermal circuit (depth and number of boreholes/collector length) were substantiated and calculated to ensure stable and effective operation of the heat pump throughout the heating period; operation modeling: computational modeling of the heat supply system's operation was performed using computer programs to confirm the efficiency and reliability of the proposed solution; measures development; organizational and technical measures for the installation, commissioning, testing, and safe operation of the designed system were detailed.

Technical and economic justification (TEJ): the calculation of investment costs, operating costs, and payback period was carried out. The presented technical and economic indicators (TEI), including a high coefficient of performance (COP), confirm the high energy efficiency and economic feasibility of using a geothermal heat supply system for the residential building with a heat pump compared to traditional sources.

Scope of the work: The explanatory note comprises 126. pages of main text and ... pages of appendices; the graphic part consists of 10 sheets of A1 format.

Key words: Energy efficiency, heat supply, geothermal heat pump (GHP), coefficient of performance (COP), low-temperature heating, ground source heat exchanger, heat losses, technical and economic justification, renewable energy sources, operating costs.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В УКРАЇНІ.....	12
1.1 Загальні положення.....	12
1.2 Використання ТН в світі.....	15
1.3 Застосування теплонасосних установок в Україні.....	16
1.4 Перспективи впровадження ТН в Україні.....	19
1.5 Висновки до розділу 1.....	21
2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ.....	23
2.1 Аналіз об'єкту досліджень та його структура.....	23
2.2 Математичний опис енергетичного аналізу теплонасосної установки.....	24
2.3 Математичний опис дослідження енергетичної ефективності повітряної теплонасосної установки для системи тепlopостачання.....	26
2.4 Математичний опис дослідження енергетичної ефективності заміщеної водогрійної котельні.....	28
2.5 Математичний опис екологічної ефективності водогрійної котельні, що працює на природному газі.....	29
2.6 Висновки до розділу 2.....	32
3 АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ.....	33
3.1 Енергетична та екологічна ефективність геотермальних теплових насосів.....	33
3.2 Висновки до розділу 3.....	40
4 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТРАТ, ПІДБІР ОБІГРІВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ.....	41
4.1 Вихідні дані.....	41
4.1.1 Склад будівельних елементів зовнішніх огорожень.....	42
4.2 Визначення тепловтрат через огорожуючі конструкції.....	42
4.2.1 Розрахунок зовнішніх стін.....	43
4.2.2 Розрахунок перекриття.....	45
4.3 Визначення теплових надходжень в будівлю.....	47
4.4 Тепловий розрахунок опалювальних приладів.....	49
4.5 Підбір обігрівальних приладів для системи опалення.....	50
4.6 Моделювання гідравлічного режиму трубопроводів системи опалення.....	51
4.7 Розрахунок розширювального бака. Підбір насосів.....	53
4.8 Висновки до розділу 4.....	53
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ.....	54

5.1 Аналіз конструктивних особливостей об'єкту	54
5.2 Отримання об'єкта під монтажні роботи	52
5.3 Визначення складу та об'ємів робіт	55
5.3.1 Визначення об'ємів робіт.....	57
5.3.2 Визначення складів і об'ємів робіт.....	58
5.4 Витрата матеріалів та допоміжного обладнання при монтажі системи опалення.....	59
5.4.1 Витрата матеріалів.....	59
5.4.2 Витрата допоміжних матеріалів та інструментів.....	62
5.5 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань.....	63
5.5.1 Витрата електроенергії і пального.....	65
5.5.2 Витрати утеплювача на теплоізоляцію трубопроводів.....	65
5.6 Визначення трудомісткості монтажних робіт та складання календарного плану виконання робіт.....	67
5.7 Техніко-економічні показники.....	69
5.8 Послідовність технологічних операцій при виконанні монтажних робіт..	70
5.8.1 Монтаж теплового насосу.....	70
5.8.2 Монтаж опалювальних приладів.....	70
5.8.3 Монтаж магістральних трубопроводів.....	71
5.8.4 Монтаж стояків і підводок.....	71
5.9 Пуск в дію та випробування системи опалення.....	71
5.10 Техніка безпеки.....	75
5.11 Висновки до розділу 5.....	78
6 ЗАХОДИ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	79
6.1 Принципова дія системи, що прийнята до експлуатації.....	79
6.2 Визначення умов експлуатації.....	81
6.3 Технічні характеристики основного обладнання.....	84
6.4 Пуск, випробування та налагодження робочих режимів системи та її елементів.....	85
6.11 Висновки до розділу 6.....	101
7 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ.....	103
7.1 Загальні положення.....	103
7.2 Заходи з енергозбереження.....	103
7.3 Заходи по зменшенню теплового забруднення атмосфери.....	105
7.4 Енергетичний паспорт будівлі.....	105
7.5 Висновки до розділу 7.....	109
8 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	110
8.1 Вихідні положення. Характеристика об'єкту та технологічні можливості та економічна доцільність.....	110
8.1.1 Обґрунтування проектної потужності об'єкту.....	110
8.1.2 Вибір типу автономної системи теплозабезпечення.....	111
8.1.3 Дані про можливість забезпечення основними матеріалами.....	111
8.1.4 Матеріали оцінки впливу на організм працюючих.....	111
8.1.5 Основні положення по організації будівництва і влаштування санітарно-технічних систем.....	112

8.1.6 Основні технологічні та будівельні рішення.....	112
8.1.7 Обґрунтування вибору опалювальних приладів.....	113
8.1.8 Визначення найбільш доцільного матеріалу трубопроводу системи.....	113
8.1.9 Економічна ефективність впровадження ТН.....	115
8.1.10 Показники економічної ефективності проєкту.....	116
8.1.11 Розрахунок техніко-економічних показників.....	116
8.2 Висновки до розділу 8.....	117
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	119
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	121
ДОДАТКИ.....	124
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА.....	150

ВСТУП

Зростаючі потреби суспільства в енергії все більше обмежуються через вичерпання найбільш технологічних видів органічного палива. Теплові насоси (ТН) – одне з можливих вирішень проблеми у сфері тепlopостачання. Вони дозволяють підвести теплоти більше, ніж виділяється при згорянні палива.

Україні, яка відноситься до країн з обмеженими власними енергоресурсами і імпортує близько 60% рідких та газоподібних енергоносіїв, притаманна надмірна енергоємність основних галузей промисловості (металургії, хімії, машинобудування, переробного та агропромислового комплексу, будіндустрії та комунального господарства).

Галузь енергозбереження що пов'язана з застосуванням теплових насосів, невинно розвивається, але незважаючи на те, що інформація, на якій базується цей розвиток, в значній мірі витікає з "ноу-хау" холодильної техніки, а принципи дії теплових насосів широко відомі та ретельно досліджені та науково обґрунтовані, існує багато науково-технічних проблем, які стримують цей розвиток.

Теплонасосні установки мають розроблятися під конкретні технологічні умови, що забезпечить максимальну енергоефективність, так як багатоваріантність конкретних виробничих умов, робочих середовищ і, як правило, несприятливе розташування джерел вторинних енергоресурсів і споживачів трансформованої теплоти підвищеного потенціалу або штучного холоду, потребують індивідуальних техніко-економічних рішень, які базуються на реальних умовах експлуатації. На даний момент в нашій країні напрацьовано значну кількість технічних розробок щодо економії теплової енергії, які чекають свого часу та механізмів для впровадження.

Актуальність роботи. В Україні застосування ТН є одним з найперспективніших напрямків енергозбереження. Дефіцит паливних ресурсів та екологічні переваги ТН стимулюють їх впровадження в муніципальну енергетику. Впровадження ТН дозволить скоротити споживання природного газу, зменшити вартість теплової енергії та полегшити техногенне навантаження на навколишнє середовище.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась у відповідності із науковим напрямком і тематикою наукових досліджень НДЛ гідродинаміки та кафедри ІСБ Вінницького національного технічного університету.

Мета дослідження. Метою роботи є підвищення енергетичної та екологічної ефективності систем теплопостачання шляхом використання геотермальних ТН; визначення умов ефективної інтеграції геотермальних ТН в системи теплопостачання.

Завданнями дослідження у даній роботі є:

- аналітичний огляд відомих принципових та конструктивних рішень систем теплопостачання будівель та споруд із використанням альтернативних джерел теплової енергії;
- виконання моделювання теплових та гідравлічних режимів будівлі;
- здійснення підбору теплотехнічного обладнання;
- підбір та визначення необхідних матеріалів, механізмів для монтажу системи теплопостачання;
- визначення тривалості монтажу системи вентиляції;
- проведення розрахунку техніко-економічних показників та обґрунтування енергетичної і екологічної ефективності та доцільності застосування теплових насосів;
- визначення раціональних режимів роботи геотермальних теплових насосів.

Об'єкт дослідження – геотермальні теплові насоси в системах теплопостачання житлових будівель.

Предмет дослідження – енергетична та екологічна ефективність геотермальних теплових насосів в системах теплопостачання.

Наукова новизна:

- визначено закономірності впливу температурних рівнів геотермальних ТН на енергетичну та екологічну ефективність теплопостачання;
- запропоновано новий підхід для оцінки екологічної ефективності геотермальних ТН, що дозволяє визначити зменшення кількості викидів шкідливих речовин за умови використання теплових насосів.

Практичне значення одержаних результатів. Визначені та обґрунтовані раціональні температурні режими роботи геотермальних ТН. Встановлено енергетичний та екологічний ефект за рахунок інтеграції геотермальних ТН в системи теплопостачання.

Апробація результатів роботи – матеріали та результати досліджень доповідалися на наукових семінарах студентського гуртка «Гідроаеродинаміки», а також на Міжнародній науково-технічній конференції Вінницького національного

технічного університету «Інноваційні технології в будівництві» (м. Вінниця, 19-21 листопада 2025 р.) [48].

Структура та обсяг роботи.

Робота складається із вступу, восьми розділів, загальних висновків, списку використаної літератури та додатків. Робота викладена на 138 сторінках. Графічні частина представлена на 10 аркушах формату А1.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В УКРАЇНІ

1.1 Загальні положення

Історично склалося, що тривалий час економіка України розвивалася у напрямку переважного розвитку енергоємних галузей промисловості: гірничодобувної, металургійної, хімічної, важкого машинобудування, енергетики. На першому етапі розвитку промисловості України це було зумовлено наявністю відповідних ресурсів, розвиненою інфраструктурою, сприятливими кліматичними та гірничо-геологічними умовами [1].

Україна має достатньо потужний паливно-енергетичний комплекс, в якому велика частка застарілого, технічно зношеного обладнання та устаткування [2].

Сьогодні проблема енергозабезпечення нашої країни вже переросла в проблему національної безпеки. Від її вирішення безпосередньо залежить можливість остаточного подолання внутрішніх і зовнішніх кризових процесів в економіці. Пошук нових ефективних енергозберігаючих технологій отримання теплоти і використання нетрадиційних відновлюваних джерел енергії актуальний майже для всіх галузей економіки.

Одним із ефективних енергозберігаючих методів, який дає можливість економити органічне паливо, знижувати забруднення навколишнього середовища, задовольняти потреби споживачів в технологічній теплоті, є використання теплонасосних технологій виробництва теплоти [3].

Тепловий насос – це установка, яка перетворює низькотемпературну відновлювальну енергію природних джерел теплоти або низькотемпературних вторинних енергетичних ресурсів в енергію високого потенціалу, придатну для практичного використання. Як джерела низькотемпературної теплоти використовують атмосферне повітря, вентиляційні викиди, воду природних джерел, скидну воду систем охолодження промислового обладнання, ґрунт та інші.

Споживачами енергії підвищеного потенціалу є системи опалення і гарячого водопостачання житлових, адміністративних, соціальних та промислових будівель, системи підтримання оптимально мікроклімату в спортивних та розважальних комплексах, басейнах, технологічних промислових процесах сушіння, розділення речовин, дистиляції та інших [5].

Оскільки напрямок передачі енергії в теплових насосах протилежний природному напрямку передачі теплоти від гарячого тіла до холодного, то таке перетворення, відповідно до другого закону термодинаміки, можливе лише у зворотному термодинамічному циклі за рахунок підведення деякої кількості механічної або електричної енергії ззовні. Енергетична ефективність перетворення енергії в тепловому насосі оцінюється коефіцієнтом перетворення енергії (COP), рівним відношенню енергії, переданої споживачу, до енергії, витраченої для реалізації циклу:

$$\text{COP} = Q_k / N. \quad (1.1)$$

Варто відмітити, що величина COP, відповідно до першого закону термодинаміки, завжди більше одиниці, тому що кількість енергії, переданої споживачу теплоти, виявляється більшою за величину підведеної зовнішньої енергії на величину енергії, відібраної в низькотемпературного джерела. Величина COP залежить від цілого ряду факторів, але, перш за все, від різниці температур джерела і споживача теплоти.

Умовою раціонально використання ТН є вдале поєднання параметрів джерела низькотемпературної теплоти і необхідних параметрів теплоти у споживача. Наприклад, для сучасної системи підлогового опалення достатньо температури теплоносія 30-35 °С, використання фанкойлів як опалювальних приладів дозволяє використовувати рівень температур 45-60 °С, в той час як для традиційних систем опалення з радіаторами, температура теплоносія повинна бути не менше 70-90 °С. Особливо ефективно використання ТН при одночасному використанні теплоти та холоду, що успішно реалізується в ряді технологічних процесів в промисловості, сільському господарстві, системах кондиціонування повітря та інших [17-20].

Основні переваги використання теплонасосних технологій перетворення теплоти:

- висока енергетична ефективність;
- екологічна чистота;
- надійність;
- комбіноване виробництво теплоти та холоду в одній установці;
- мобільність;
- повна автоматизація роботи установки.

Враховуючи переваги ТН, необхідно ретельно оцінювати доцільність їх використання, посилаючись на наступні фактори:

- 1) термодинамічний фактор: виконуваний цикл, температура низькотемпературного джерела теплоти і температура теплоносія споживача теплоти, властивості робочого тіла;
- 2) конструктивний фактор: тип компресора, тип теплообмінника, їх технічні характеристики, конструктивні рішення установки;
- 3) економічний фактор: рівень цін на електроенергію та паливо, яке використовувалось до встановлення ТН, ціни на устаткування, монтаж та запуск, ціна системи автоматизації;
- 4) екологічний фактор: відсутність процесу спалювання палива в циклі ТН, зменшення викидів CO_2 за рахунок зменшення витрат палива;
- 5) соціальний фактор: покращення умов праці і життя населення.

Значний внесок у розвиток теоретичних основ теплонасосної техніки і в її практичне використання здійснили вчені: Андрющенко А. І., Бродянський В. М., Гаджиев А. Г., Галімова Л. В., Голевінський Ю. В., Гомелаурі В. І, Макмайл Д., Ра-Тіан Г., Руденко М. Ф., Сеїткурбанов С., Таймаров М. А., Чайченец Н. С., Шпільрайн Е. Е., Хунцарія Р., Groff G. C., Heinrich G., Lund J. W., Nestler W., Reau D., Rybach L., Thomson W. [17-20].

1.2 Використання ТН в світі

Доцільність використання теплових насосів як джерел енергії доведено результатами значної кількості наукових досліджень та досвідом експлуатації мільйонів ТН в промислово розвинутих країнах світу.

Сьогодні в світі успішно експлуатується більше 130 мільйонів теплонасосних установок різного функціонального призначення. Згідно з даними Міжнародного Енергетичного Агентства (IEA), до 2020 р. в розвинених країнах світу частка опалення та гарячого водопостачання з використанням теплових насосів повинна скласти 75% [17-20].

На сьогоднішній день теплові насоси, без сумніву, є найбільш перспективними серед джерел «нетрадиційної енергетики» для вирішення проблем енергозбереження, завдяки можливості відбирати поновлювану енергію з навколишнього середовища.

Однак, вирішення питання вибору типу ТН, масштабів і областей їх раціонального використання в різних країнах є далеко не однозначними. Виробництво ТНУ в кожній країні орієнтоване, перш за все, на задоволення потреб внутрішнього ринку.

У США та Японії для опалення та річного кондиціонування повітря широке застосування отримали реверсивні ТНУ класу «повітря-повітря». До 2000 року в США дослідженнями і виробництвом теплових насосів займалося більше п'ятдесяти великих фірм. Загальна кількість працюючих ТНУ до 2003 року перевищило 25 млн. одиниць. У США існує стабільний приріст продажу теплонасосних установок протягом більш, ніж 20 років. [17, 19, 20].

У Японії щорічно виробляється і продається до 500 тисяч ТНУ різного функціонального призначення, і близько 5 млн. теплонасосних систем є основним обладнанням у забезпеченні теплотою житлового фонду.

Наприклад, в Європі 77% встановлених теплових насосів використовують зовнішнє повітря як джерело теплоти, хоча в Швеції, Швейцарії та Австрії переважають теплові насоси, що забирають теплоту з ґрунту.

У Китаї попит на виробництво реверсивних теплових насосів, з 500 тис. одиниць в 1989 році, досяг в 2003 році величини 18 млн. одиниць, випередивши Японію більш, ніж в 2 рази.

Найбільші ТНУ експлуатуються у Швеції та країнах Скандинавії. З 110 тисяч теплонасосних станцій, що працювали в Швеції в 2000 році, близько ста мали потужність 100 МВт і більше, а найбільш потужна у світі ТНС з встановленою тепловою потужністю 320 МВт успішно працює в Стокгольмі, використовуючи як низькотемпературне джерело теплоти морську воду.

У Німеччині до 1998 року було виготовлено для систем опалення та гарячого водопостачання більше 500 ТНУ великої потужності з приводом компресорів від дизельних і газових двигунів і з утилізацією теплоти видхідних газів [1,17,20].

1.3 Застосування тепло насосних технологій в Україні

В Україні важко вказати будь-який інший напрямок розвитку нової техніки і технології, який знаходився б в такому протиріччі зі своїми потенційними можливостями та з рівнем розвитку в інших країнах світу. Якщо в розвинених країнах кількість працюючих ТНУ різного функціонального напрямку ведеться на мільйони або сотні тисяч одиниць, в Україні працюють поодинокі установки, створені, в основному на елементній базі холодильного обладнання, що ввозиться з країн Західної Європи від спеціалізованих фірм-виробників.

Значне відставання України від країн, що успішно використовують тепло насосну технологію можна пояснити як об'єктивними чинниками – розвиток енергетики в державі здійснюється, в основному, по шляху централізованого теплопостачання та теплофікації; так і суб'єктивними – недостатньою увагою конкретних підприємств до економії паливно-енергетичних ресурсів. До головних причин належать також відсутність демонстраційного парку працюючих ТНУ різного функціонального призначення та реклами їх переваг і відсутність державної підтримки при розробці, дослідженнях і впровадженні даного типу обладнання. Наприклад, на державному рівні має вирішуватися питання про

створення у вітчизняного споживача зацікавленості у застосуванні замість традиційного енергозатратного індивідуального опалення більш ефективного та енергозберігаючого, хоча і відносно дорогого, опалення на базі теплонасосної технології [5].

Згідно з «Концепцією розвитку паливно-енергетичного комплексу України на 2006-2030 роки», передбачається збільшення обсягу виробництва теплової енергії за рахунок термотрансформаторів, теплових насосів і акумуляційних електронагрівачів з 1,7 млн. Гкал/рік у 2005р. до 180 млн. Гкал/рік у 2030 р., тобто більше, ніж у 100 разів. Безсумнівно, що при відповідній підтримці з боку держави це могло б бути великим стимулом у впровадженні енергозберігаючих технологій. Доречно зауважити, що впровадження теплонасосних технологій у всіх країнах світу проходило і відбувається при суттєвій державній підтримці у вигляді двоставкового тарифу на купівлю електроенергії, субсидій покупцям ТНУ, субсидій і грантів виробникам теплонасосного обладнання і фірмам, які впроваджують теплонасосну технологію, податкових або кредитних пільг [6].

Слід відзначити серію реалізованих проєктів Центру енергозбереження Київ ЗНДІЕП під керівництвом В. Ф. Гершковича. Це проєкт експериментальної теплиці, що обігрівається тепловим насосом «повітря-грунт» з використанням вертикальних ґрунтових теплообмінників. Протягом 8 років експлуатації температура повітря в теплиці автоматично підтримувалася на рівні 15–20°C цілий рік, при цьому коефіцієнт перетворення коливався від 4 до 2,2.

Інший проєкт, який представляє практичний інтерес, реалізований в грудні 1999 року. Це проєкт опалення тепловим насосом «повітря-повітря» 4-х поверхового офісного будинку у м. Києві. Застосований тут тепловий насос французької фірми CIAT гарантовано міг працювати при температурах зовнішнього повітря до мінус 15°C. Встановивши тепловий насос в спеціальному технічному приміщенні, де припливне атмосферне повітря підігрівалось теплим витяжним повітрям, навіть при температурах зовнішнього повітря нижче мінус 20°C, на вхід випарника повітря надходило з температурою, що забезпечує його безпечну роботу. У літній час теплонасосне обладнання забезпечує кондиціонування

приміщень. Досвід безвідмовної експлуатації ТН протягом 5 років дає підстави авторам проєкту стверджувати, що комбіноване опалення і кондиціонування будівлі по техніко-економічними показниками перевершує опалення від теплової мережі і від місцевої газової котельні та кондиціонування за роздільною схемою [6,7].

У НВП «Інсолар» спільно з ПМаш НАН України створена серія теплових насосів для технологічних процесів сушіння. Сушильні установки були і залишаються на сьогодні найбільш раціональною областю впровадження теплонасосної технології для підготовки сушильного агента. Теплонасосні сушильні установки були створені в блочному і агрегатному виконанні з одно- і двоконтурною рециркуляцією сушильного агента. Вони були успішно застосовані для м'якого сушіння деревини, кераміки, гіпсових форм, овочів і фруктів, лікарських трав, продуктів харчування. Лабораторні та промислові випробування показали, що енерговитрати на 1 кг вологи, що видаляється, можуть бути знижені у 2-4 рази порівняно з традиційною конвективною сушаркою. Можлива реалізація високоефективного сушіння зневодненням повітрям, незалежно від погодних та сезонних умов, при повному виключенні впливу канцерогенів на висушуваний продукти. Спільне використання теплоти і холоду, виробленого в ТНУ, дозволяє в сушильній багатофункціональній установці охолоджувати висушений матеріал, що дуже важливо при сушінні продуктів, лікарських трав, насінневого і товарного зерна та іншої сировини сільськогосподарського виробництва [7,10].

Для осушення повітря без його кінцевого охолодження, була створена серія теплонасосних осушувачів повітря. Принцип роботи полягав в охолодженні повітря нижче точки роси в випарнику, відведення вологи з повітря і наступному підігріві його в конденсаторі ТНУ перед подачею споживачеві. Проблема осушення, очищення та підтримання оптимальних температур повітря актуальна в медицині, при виробництві надточних електронних приладів та обладнання, при створенні сприятливих умов реалізації технологічних процесів у хімічному виробництві, при осушенні повітря в складських приміщеннях, в майстернях, для створення сприятливих умов праці, відпочинку та побуту. Надійність в роботі, простота конструкції та експлуатації, що не вимагає складних комунікацій,

багатофункціональність, екологічна чистота, низькі енерговитрати, можливість автоматичної підтримки заданого режиму щодо температури та відносної вологості в приміщенні, були підтверджені при випробуваннях створених зразків у лабораторних та промислових умовах.

Техніко-економічні розрахунки показують, що витрати палива в системах теплопостачання на базі ТНУ для об'єктів ЖКГ можуть бути зменшені порівняно з великими опалювальними котельнями в 1,2–1,8 рази, порівняно з дрібними котельнями та індивідуальними теплогенераторами в 2–2,6 рази і в порівнянні з електронагрівачами в 3–3,6 рази.

Термін окупності капіталовкладень у ТНУ становить від 2 до 5 років. У системах з рекуперацією теплоти низькотемпературних скидних енергопотоків термін окупності складає менше 2 років. Наприклад, капіталовкладення в систему забезпечення оптимального температурно-вологісного режиму в типовому критому басейні, розроблену НВП «Інсолар» на базі ТНУ і утилізаторів теплоти скидних повітряних і водяних потоків, впроваджену в басейні «Нафтовик» м. Охтирка Сумської області, окупилися за 18 місяців експлуатації.

Крім того, застосування ТН дозволяє знизити викиди CO_2 , NO_x в порівнянні з традиційними системами теплопостачання в 2–5 разів, залежно від виду заміщуваного органічного палива.

Впровадження енергоджерел на базі ТНУ в автономні системи тепло- і холодопостачання в областях, де це впровадження раціонально і конкурентоспроможне, дозволить комплексно вирішити проблеми, актуальні для економіки України: енергозбереження, економічну, екологічну та соціальну.

1.4 Перспектива впровадження ТНУ в Україні

Аналіз ситуації в економіці України в цілому та у ЖКГ зокрема показує, що є колосальні невикористані потенційні можливості заощадження дорогого органічного палива та зниження забруднення навколишнього середовища продуктами згоряння і низькотемпературними технологічними скидами при

впровадженні теплонасосних установок різного функціонального призначення в областях, де це впровадження доцільно.

Областями найбільш раціонального впровадження є:

– застосування теплових насосів «повітря-повітря», «повітря-вода», «вода-вода», «грунт-вода» в житлово-комунальному секторі для гарячого водопостачання та опалення будівель за моновалентної, бівалентної і моноенергетичними схемами тепловою потужністю 5–30 кВт; найбільш привабливим для впровадження реверсивних ТН «повітря-повітря» є регіони півдня України, а також об'єкти, де є достатні обсяги скидного вентиляційного повітря;

– застосування ТНУ в системах створення оптимального мікроклімату у великих громадських будинках, спортивних та кіноконцертних комплексах, критих басейнах, де поряд з проблемами термостатування та утилізації теплоти скидних повітряних і водяних потоків створюються умови, що виключають умови конденсації вологи на металевих і залізобетонних будівельних конструкціях, що провокують їх корозію і руйнування;

– автоматизовані комплексні системи на базі ТНУ і теплообмінників-рекуператорів для підтримки оптимального мікроклімату в тваринницьких приміщеннях, свинарниках, пташниках, інкубаторах та інших об'єктах агропромислового комплексу;

– застосування теплових насосів в різних технологічних процесах промисловості та сільського господарства (сушіння продуктів, матеріалів, сировини, дистиляція, осушення приміщень тощо);

– за допомогою великомасштабних ТНУ (з тепловою потужністю до 20–30 Гкал/год) можна розглянути питання їх застосування в енергетиці (утилізація скидної теплоти циркуляційної води після конденсатора турбіни і можливі варіанти передачі її в тепломережу) [9-10].

Теплонасосна технологія перетворення низькотемпературної природної енергії або теплоти вторинних низькотемпературних енергоресурсів у високопотенційну теплову енергію, придатну для практичного використання, являє собою не чергову модернізацію традиційних енергоджерел, а впровадження

нового, прогресивного, високоефективного і екологічно чистого способу отримання теплоти. При цьому теплонасосні установки багатofункціональні (одночасно виробляють теплоту і холод), мобільні, відносно прості у виготовленні та експлуатації, легко піддаються автоматизації [7-10].

1.5 Висновки до розділу 1

Виконаний короткий аналіз перспектив використання теплових насосів, що дозволяє зробити наступні висновки:

1. На сьогоднішній день теплові насоси є найбільш перспективною технологією, що застосовуються для вирішення проблем енергозбереження, завдяки можливості використання поновлюваної енергії з навколишнього середовища або вторинних енергоресурсів. У світовій практиці для перетворення низькотемпературної теплоти найбільшого поширення набули ТН з електричним приводом.

Україна істотно відстає від країн світової спільноти як з виробництва, так і з впровадження ТН в різних галузях економіки. В Україні немає промислового виробництва ТН, впроваджені установки виробляються, як правило, в одиничних екземплярах, але навіть при своїх не оптимальних параметрах підтверджують переваги і унікальність застосування ТН як ефективних енергозберігаючих джерел теплоти в різних галузях економіки.

2. Конкурентоспроможність ТН залежить від великої кількості факторів термодинамічного, конструктивного, економічного характеру, від їх функціонального призначення та екологічного впливу на навколишнє середовище.

3. До основних схем теплопостачання із застосуванням ТНУ належать: повітряне опалення, гаряче водопостачання, тепла підлога, індивідуальне опалення, замкнута схема теплопостачання, підігрів басейнів.

4. В результаті аналізу досліджень ефективності застосування теплових насосів виявлено, що недостатня увага приділялась питанням дослідження енергетичної ефективності геотермальних ТН в системах теплопостачання. В

наявній літературі відсутні системні дослідження цього питання. Відсутні системні дослідження екологічної ефективності геотермальних ТН.

На підставі цього сформульовані основні задачі дослідження:

- визначення раціональних режимів роботи геотермальних ТН;
- розробка методики оцінки енергетичної та екологічної ефективності геотермальних ТН.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ТН

2.1 Аналіз об'єкту досліджень та його структура

В розділі 1 здійснений аналіз перспектив використання теплових насосів в Україні, а також енергетичних, економічних та екологічних передумов застосування теплонасосних технологій виробництва теплоти. Виявлено, що недостатня увага приділялась питанням дослідження енергетичної ефективності геотермальних ТН в системах теплопостачання. В наявній літературі відсутні системні дослідження цього питання. Відсутні системні дослідження екологічного ефективного геотермальних ТН. Відсутні комплексні дослідження екологічного ефекту від впровадження ТНУ. В небагатьох роботах зустрічаються згадки про Кіотський протокол та економічний зиск за рахунок скорочення викидів діоксиду вуглецю.

Основою досліджень є математичне моделювання. В математичній моделі досліджень покладені рівняння для розрахунку дійсних термодинамічних циклів ТНУ, рівняння матеріальних та теплових балансів елементів схеми.

На основі результатів досліджень [7-10] слід зазначити, що для оцінки енергетичної та економічної ефективності ТНУ не визначений єдиний інтегральний показник, тому потрібно користуватися комплексом показників.

Математичний опис доцільно починати з аналізу теплонасосної установки, враховуючи, що вона є основним елементом схеми.

2.2 Математичний опис енергетичного аналізу теплонасосної установки

Схема ТНУ показана на рис. 2.1, а зображення циклу на T-s і P-h діаграмах на рис. 2.2 і 2.3 [7-10].

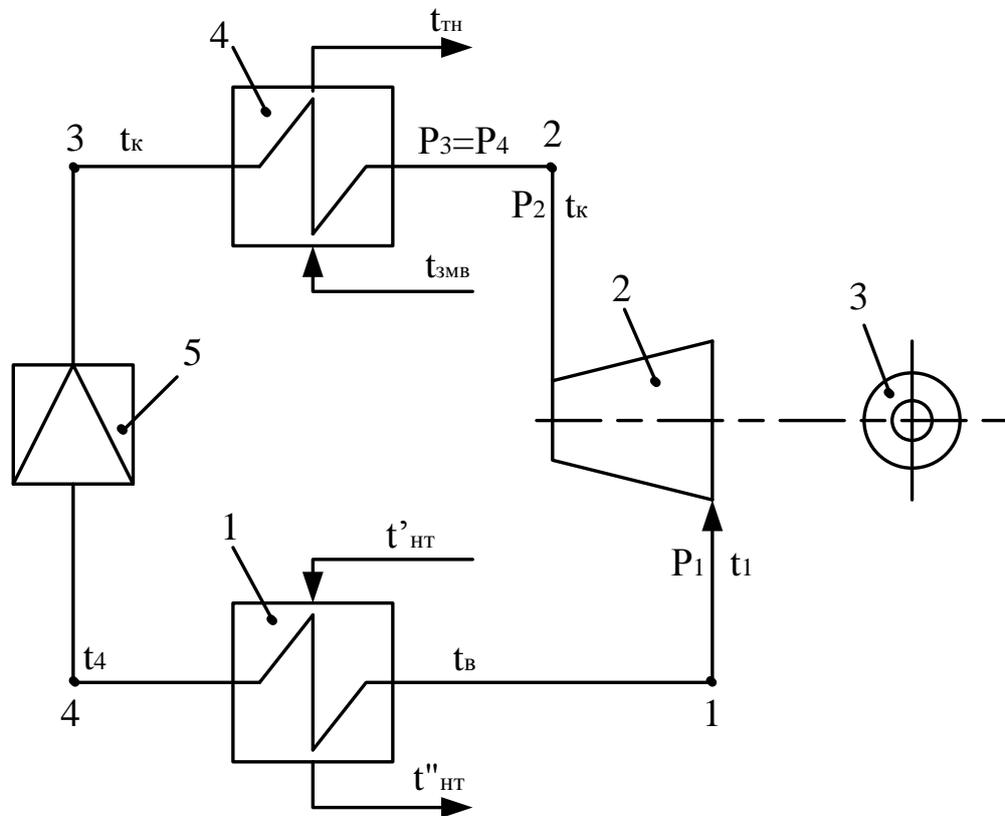


Рисунок 2.1 – Схема ТНУ: 1 – випарник; 2 – компресор; 3 – електродвигун; 4 – конденсатор; 5 – дросель

Питома робота компресора, кДж/кг

$$l_{\text{км}} = (h_2 - h_1) = \frac{(h_{2a} - h_1)}{\eta_{oi}} = \frac{l_{\text{кмо}}}{\eta_{oi}}, \quad (2.1)$$

де η_{oi} – відносний внутрішній ККД компресора; $l_{\text{кмо}}$ - питома робота компресора в оборотному циклі, кДж/кг.

Питома підведена робота електродвигуна, кДж/кг

$$l_{\text{ед}} = l_{\text{під}} = \frac{l_{\text{км}}}{\eta_{ем}} = \frac{(h_{2a} - h_1)}{\eta_{oi} \cdot \eta_{ем}}, \quad (2.2)$$

де $\eta_{ем}$ – електромеханічний ККД електродвигуна.

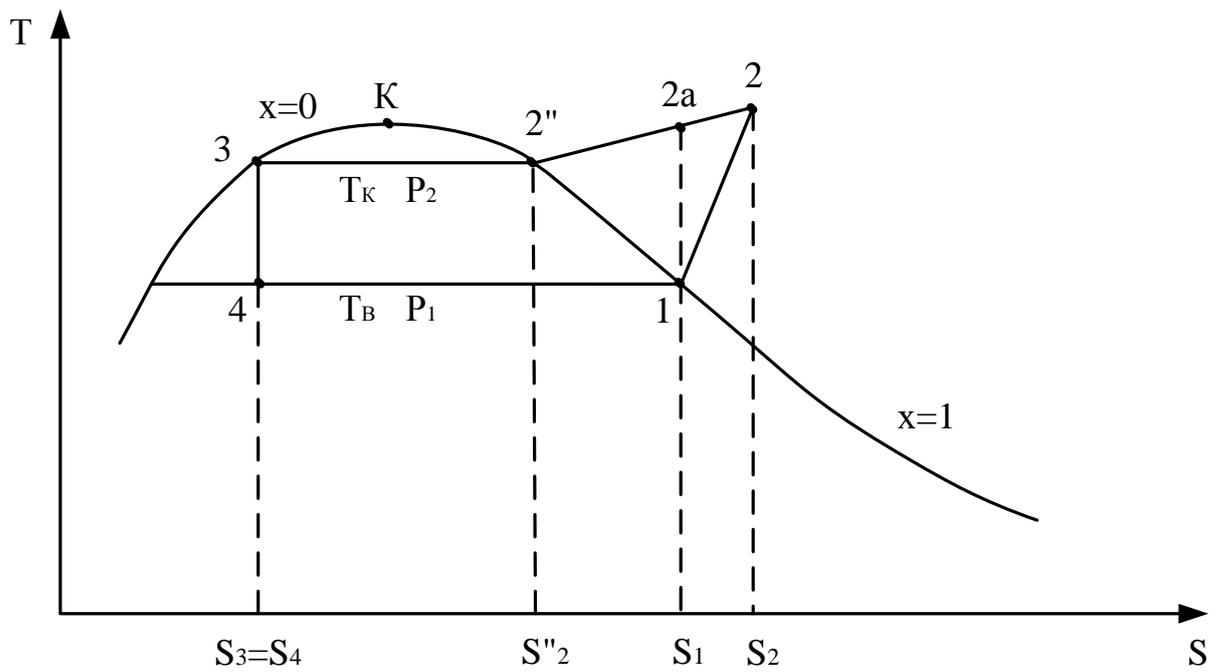


Рисунок 2.2 – Цикл парокompресійної ТНУ на T-s діаграмі

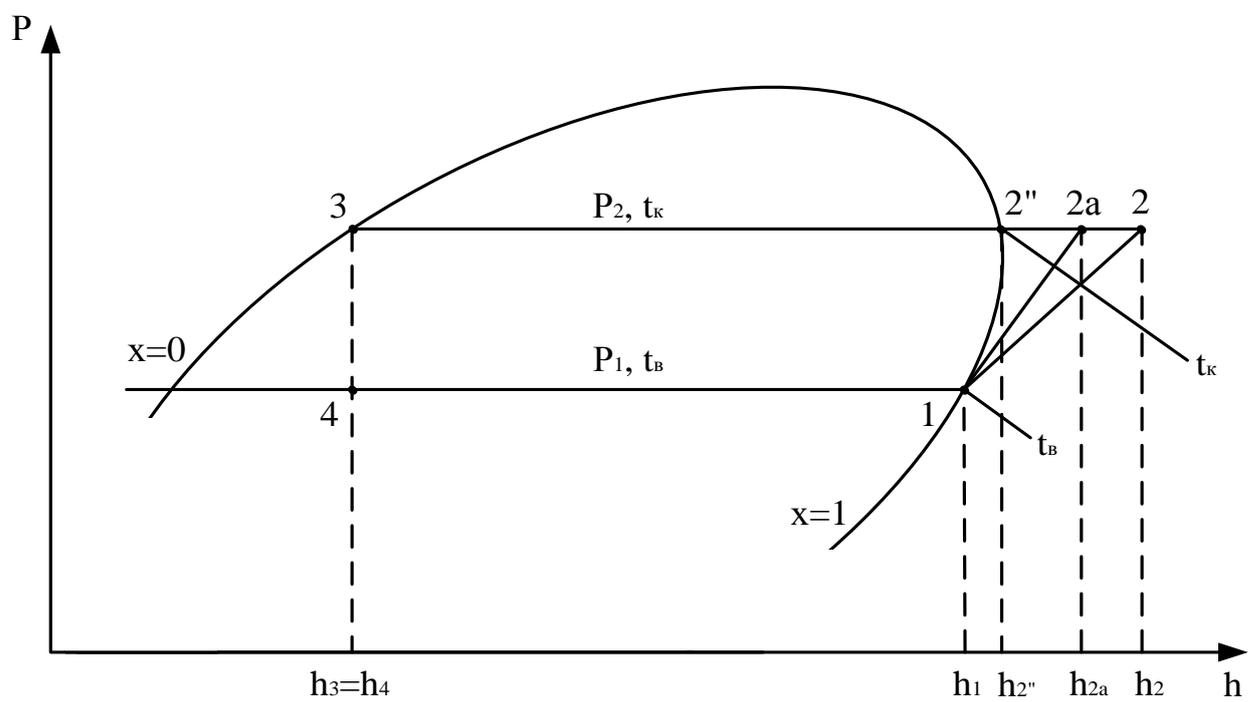


Рисунок 2.3 – Цикл парокompресійної ТНУ на P-h діаграмі

Питома теплота, яка виводиться з конденсатора, кДж/кг

$$q_k = h_2 - h_3 = h_2 - (h_2'' - r), \quad (2.3)$$

де r – теплота пароутворення робочої рідини.

Питома теплота, яка підводиться із зовнішнього середовища у випарник, кДж/кг

$$q_b = h_1 - h_4. \quad (2.4)$$

Рівняння енергетичного балансу, кДж/кг

$$l_{км} + q_b = q_k = q_{ТНУ},$$

або

$$\frac{l_{кмо}}{\eta_{0i}} + q_b = q_k = q_{ТНУ}, \quad (2.5)$$

де $l_{кмо} = h_{2a} - h_1$ – робота компресора в оборотному циклі.

Енергетична ефективність ТНУ оцінюється за допомогою коефіцієнта перетворення

$$\varphi = \frac{q_{ТНУ}}{l_{ед}} = \frac{(l_{км} + q_b)}{l_{ед}} = l_{км} / \left(\frac{l_{км}}{\eta_{ем}} \right) + \varepsilon = \eta_{ем} + \varepsilon, \quad (2.6)$$

де $\varepsilon = \frac{q_b}{l_{ед}}$ – холодильний коефіцієнт.

2.3 Математичний опис дослідження енергетичної ефективності теплонасосної установки для системи тепlopостачання

Температура мережевої води після конденсатора ТНУ, °С

$$t_{тн} = t_k - \theta, \quad (2.7)$$

де t_k – температура конденсації холодоагенту, °С; θ – величина недогріву, °С.

Витрата мережевої води, що циркулює в системі тепlopостачання, кг/с

$$G_{мв} = \frac{Q_{тс}}{C_{рв} \cdot (t_{пмв} - t_{змв})}, \quad (2.8)$$

де Q_{TC} – потужність теплових споживачів, кВт; C_{PB} – питома теплоємність води, (кДж/кг·°C); $t_{пмв}$ – температура прямої мережевої води, °C; $t_{змв}$ – температура зворотної мережевої води, °C.

Теплова потужність конденсатора ТНУ, кВт

$$Q_{ТНУ} = Q_k = G_{MB} \cdot C_{PB} \cdot (t_{TH} - t_{змв}). \quad (2.9)$$

Температура холодоагенту у випарнику, °C

$$t_b = t''_{HT} - \theta, \quad (2.10)$$

де t''_{HT} – температура низькотемпературного теплоносія на виході з випарника ТНУ, °C; θ – величина недогріву, °C.

Питома теплова продуктивність випарника, кДж/кг

$$q_b = h_1 - h_4, \quad (2.11)$$

де h_1 , h_4 – ентальпії холодоагенту в точках 1 та 4 відповідно (див. рис. 2.3), кДж/кг.

Адіабатний теплоперепад в компресорі, кДж/кг

$$H_a = h_{2a} - h_1, \quad (2.12)$$

де h_{2a} – ентальпія холодоагенту в точці 2a (див. рис. 2.3), кДж/кг.

Дійсний робочий теплоперепад в компресорі, кДж/кг

$$H_p = \frac{H_a}{\eta_{0i}^{KM}}, \quad (2.13)$$

де η_{0i}^{KM} – відносний внутрішній ККД компресора.

Ентальпія холодоагенту в точці 2 (див. рис. 2.3), кДж/кг

$$h_2 = h_1 + H_p. \quad (2.14)$$

Питома теплова продуктивність конденсатора, кДж/кг

$$q_k = h_2 - h_3, \quad (2.15)$$

де h_3 – ентальпія холодоагенту в точці 3 (див. рис. 2.3), кДж/кг.

Кількість холодоагенту, що циркулює в ТНУ, кг/с

$$G_{xa} = \frac{Q_k}{q_k \cdot \eta_{TC}}, \quad (2.16)$$

де η_{TC} – ККД конденсатора.

Потужність, яка витрачається на компресор, кВт

$$N_{\text{км}} = \frac{G_{\text{ха}} \cdot H_{\text{р}}}{\eta_{\text{ем}}}, \quad (2.17)$$

де $\eta_{\text{ем}}$ – електромеханічний ККД компресора.

Теплова потужність випарника, кВт

$$Q_{\text{в}} = G_{\text{ха}} \cdot q_{\text{в}} \quad (2.18)$$

де $\eta_{\text{т}}$ – ККД випарника.

Коефіцієнт перетворення ТНУ

$$\phi = Q_{\text{к}} / N_{\text{к}}. \quad (2.19)$$

Витрата умовного палива на компресор ТНУ, кг/с

$$B_{\text{у}}^{\text{ТНУ}} = \frac{N_{\text{к}}}{Q_{\text{ну}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{ес}} \cdot \eta_{\text{ем}}}, \quad (2.20)$$

де $Q_{\text{ну}}^{\text{р}}$ – нижча робоча теплота згорання умовного палива, кДж/кг; $\eta_{\text{ес}}$, $\eta_{\text{ем}}$ – ККД електростанцій і електромереж відповідно.

Загальна теплова потужність ТНУ з електричним приводом компресора, кВт

$$Q_{\text{ТНУ}} = Q_{\text{к}}, \quad (2.21)$$

Питома витрата умовного палива ТНУ, кг/ГДж

$$b_{\text{у}}^{\text{ТНУ}} = B_{\text{у}}^{\text{ТНУ}} / [Q_{\text{ТНУ}} \cdot 10^{-6}]. \quad (2.22)$$

2.4 Математичний опис дослідження енергетичної ефективності заміщуваної водогрійної котельні

Загальна витрата умовного палива котельнею без роботи ТНУ, кг/с

$$B_{\text{у}}^{\text{зар}} = Q_{\text{к}} / (Q_{\text{ну}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{к}}^{\text{н}}), \quad (2.23)$$

де $\eta_{\text{к}}^{\text{н}}$ – ККД-нетто котельні.

Питома витрата умовного палива котельнею без роботи ТНУ, кг/ГДж

$$b_{\text{у}}^{\text{зар}} = B_{\text{у}}^{\text{зар}} / [Q_{\text{тс}} \cdot 10^{-6}]. \quad (2.24)$$

2.5 Математичний опис екологічної ефективності водогрійної котельні, що працює на природному газі

Питома маса кожного індивідуального газу в сухому стані газоподібного палива

$$m_{\text{CH}_4} = 0,716 \cdot 0,01(\text{CH}_4)_{\text{v}}, \quad (2.25)$$

$$m_{\text{C}_2\text{H}_6} = 1,342 \cdot 0,01(\text{C}_2\text{H}_6)_{\text{v}}, \quad (2.26)$$

$$m_{\text{C}_3\text{H}_8} = 1,967 \cdot 0,01(\text{C}_3\text{H}_8)_{\text{v}}, \quad (2.27)$$

$$m_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 2,593 \cdot 0,01(\text{C}_4\text{H}_{10})_{\text{v}}, \quad (2.28)$$

$$m_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 3,219 \cdot 0,01(\text{C}_5\text{H}_{12})_{\text{v}}, \quad (2.29)$$

$$m_{\text{N}_2} = 1,250 \cdot 0,01(\text{N}_2)_{\text{v}}, \quad (2.30)$$

$$m_{\text{H}_2\text{S}} = 1,521 \cdot 0,01(\text{H}_2\text{S})_{\text{v}}, \quad (2.31)$$

$$m_{\text{CO}_2} = 1,964 \cdot 0,01(\text{CO}_2)_{\text{v}}, \quad (2.32)$$

де m_i – питома маса i -го індивідуального газу в 1 нм^3 сухого палива, $\text{кг}/\text{нм}^3$; $(i)_{\text{v}}$ – об'ємний склад i -го індивідуального газу, %.

Масовий елементний склад сухого газоподібного палива

$$C^{\text{daf}} = \frac{100}{\rho_{\text{H}}} \cdot \left(\sum \frac{12p}{12p + q} \cdot m_{\text{CpHq}} + 0,429 \cdot m_{\text{CO}} + 0,273 \cdot m_{\text{CO}_2} \right), \quad (2.33)$$

$$N^{\text{daf}} = \frac{100}{\rho_{\text{H}}} \cdot m_{\text{N}_2}, \quad (2.34)$$

$$S^{\text{daf}} = \frac{100}{\rho_{\text{H}}} \cdot (0,941 \cdot m_{\text{H}_2\text{S}}), \quad (2.35)$$

$$O^{\text{daf}} = \frac{100}{\rho_{\text{H}}} \cdot (0,571 \cdot m_{\text{CO}} + 0,727 \cdot m_{\text{CO}_2}), \quad (2.36)$$

де C^{daf} – масовий склад вуглецю в паливі на горючу масу, %; H^{daf} – масовий склад водню в паливі на горючу масу, %; N^{daf} – масовий склад азоту в паливі на горючу масу, %; S^{daf} – масовий склад сірки в паливі на горючу масу, %; O^{daf} – масовий склад кисню в паливі на горючу масу, %; ρ_{H} – густина сухого газоподібного палива

при нормальних умовах, кг/нм³; m_i – питома масо і-го індивідуального газу в 1 нм³ сухого газоподібного палива, кг/нм³.

Маса витраченого газоподібного палива V , і масова нижча теплота згорання палива, т

$$V = V_v \cdot \rho_i, \quad (2.37)$$

$$Q_i^r = \frac{Q_{iv}^r}{\rho_i}, \quad (2.38)$$

де V_v – об'єм витраченого газоподібного палива при нормальних умовах, тис. нм³; Q_i^r – масова нижча теплота згорання газоподібного палива, МДж/кг; Q_{iv}^r – об'ємна нижча теплота згорання газоподібного палива при нормальних умовах, МДж/нм³; ρ_i – густина газоподібного палива при нормальних умовах, кг/нм³.

Валові викиди j -ої забруднюючої речовини E_j , яка викидається в атмосферу з димовими газами енергетичної установки за проміжок часу P , розраховується як сума валових викидів цієї речовини під час спалювання різних видів палива, в тому числі під час одночасного спалювання, т

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \cdot \sum_i k_{ji} \cdot V_i (Q_i^r)_i, \quad (2.39)$$

де E_{ji} – валовий викид j -ої забруднюючої речовини під час спалювання і-го палива за проміжок часу P , т; k_{ji} – показник емісії j -ої забруднюючої речовини для і-го палива, г/ГДж; V_i – витрата і-го палива за проміжок часу P , т; $(Q_i^r)_i$ – нижча робоча теплота згорання і-го палива, МДж/кг.

Під час спалювання органічного палива утворюються оксиди азоту NO_x (оксид азоту NO і діоксид азоту NO_2), викиди яких розраховуються в перерахунках на NO_2 .

Показник емісії оксидів азоту k_{NO_x} , з урахуванням заходів по зниженню викидів, г/ГДж

$$k_{NO_x} = (k_{NO_x})_0 \cdot f_n \cdot (1 - \eta_I) \cdot (1 - \eta_{II} \beta), \quad (2.40)$$

де $(k_{NO_x})_0$ – показник емісії оксидів азоту з урахуванням заходів по зниженню викидів, г/ГДж; f_n – ступінь зменшення викиду NO_x під час роботи на низькому навантаженні; η_I – ефективність первинних (режимно-технологічних) заходів

зниження викидів; η_{II} – ефективність вторинних заходів (азотоочисні установки); β – коефіцієнт роботи азотоочисної установки.

Під час роботи енергетичної установки на низькому навантаженні зменшується температура процесу горіння палива, завдяки чому зменшується викид оксидів азоту.

Ступінь зменшення викиду NO_x

$$f_i = \left(\frac{Q_{\phi}}{Q_i} \right)^z, \quad (2.41)$$

де f_i – ступінь зменшення викиду NO_x під час роботи на низькому навантаженні; Q_{ϕ} – фактична теплова потужність енергетичної установки, МВт; Q_n – номінальна теплова потужність енергетичної установки, МВт; z – емпіричний коефіцієнт, який залежить від виду енергетичної установки, її потужності, типу палива і т.п.

Показник емісії викидів, оксидів сірки SO_2 і SO_3 , в перерахунку на діоксид сірки SO_2 , які потрапляють в атмосферу з димовими газами, г/ГДж

$$k_{\text{SO}_2} = \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \frac{2S^r}{100} \cdot (1 - \eta_I) \cdot (1 - \eta_{\text{II}}\beta), \quad (2.42)$$

де Q_i^r – нижча робоча теплота згорання палива, МДж/кг; S^r – вміст сірки в паливі на робочу масу, %; η_I – ефективність зв'язування сірки золою або сорбентом в енергетичній установці; η_{II} – ефективність очистки димових газів від оксидів сірки; β – коефіцієнт роботи сіркоочисної установки.

Показник емісії діоксиду вуглецю, під час спалювання органічного палива, г/ГДж

$$k_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{C^r}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \epsilon_C = 3,67 \cdot k_C \cdot \epsilon_C, \quad (2.43)$$

де C^r – масовий вміст вуглецю в паливі на робочу масу, %; Q_i^r – нижча робоча теплота згорання палива, МДж/кг; ϵ_C – ступінь окислення вуглецю палива; k_C – показник емісії вуглецю палива, г/ГДж.

Ефективність процесу горіння визначає ступінь окислення вуглецю палива ϵ_C . При повному згоранні палива ступінь окислення дорівнює одиниці, але при наявності недогару палива її значення зменшується. Ступінь окислення вуглецю

палива ε_C під час спалювання природного газу відповідно до додатку А складає 0,995 [7].

При спалюванні в енергетичній установці природного газу виділяються ртуть і її з'єднання.

Показник емісії ртуті, г/ГДж

$$k_{\text{Hg}} = (k_{\text{Hg}})_0 \cdot (1 - \eta_{\text{гзу}}), \quad (2.44)$$

де $(k_{\text{Hg}})_0$ – показник емісії ртуті без використання золоуловлювальної установки, г/ГДж; $\eta_{\text{гзу}}$ – ефективність уловлювання ртуті в золоуловлювальній установці. Значення $(k_{\text{Hg}})_0$ під час спалювання природного газу складає 0,0001 г/ГДж.

2.6 Висновки до розділу 2

Запропонований математичний опис досліджуваної систем з тепловим насосом дозволяє здійснювати дослідження системи та окремих елементів системи за умов різних схемних рішень в рамках єдиної математичної моделі.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

3.1 Енергетична та екологічна ефективність геотермальних теплових насосів

Енергетичну ефективність теплових насосів можна оцінити декількома критеріями ефективності. Важливим показником ефективності ТНУ є показник питомих витрат електроенергії на одиницю виробленої теплоти в тепловому насосі. Найчастіше енергетична ефективність перетворення енергії в тепловому насосі оцінюється коефіцієнтом перетворення енергії ϕ , який дорівнює відношенню енергії, яка надійшла споживачу, до енергії, яку використали для реалізації циклу.

Величина коефіцієнта перетворення залежить від різниці температур високотемпературного та низькотемпературного джерел теплоти, термодинамічних властивостей холодоагенту та особливостей термодинамічного циклу, технічної досконалості конструкції теплового насоса. У першому наближенні можна вважати, що коефіцієнт ϕ залежить тільки від різниці температур.

Проведено дослідження ефективності роботи ТН для систем теплопостачання. Теплота, що виробляється тепловими насосами, може бути використана для опалення та гарячого водопостачання.

Значення коефіцієнта перетворення ТН в залежності від температури ґрунту показані на рис. 3.1.

Як видно із рис. 3.1, спостерігається зменшення значення коефіцієнта перетворення зі зменшенням температури ґрунту. Це зумовлено збільшенням різниці температур високотемпературного та низькотемпературного джерел теплоти, що знижує ефективність ТНУ. Запропонована залежність дозволяє визначити раціональні температурні режими роботи ТН та обґрунтувати значення граничної ефективної температури ґрунту.

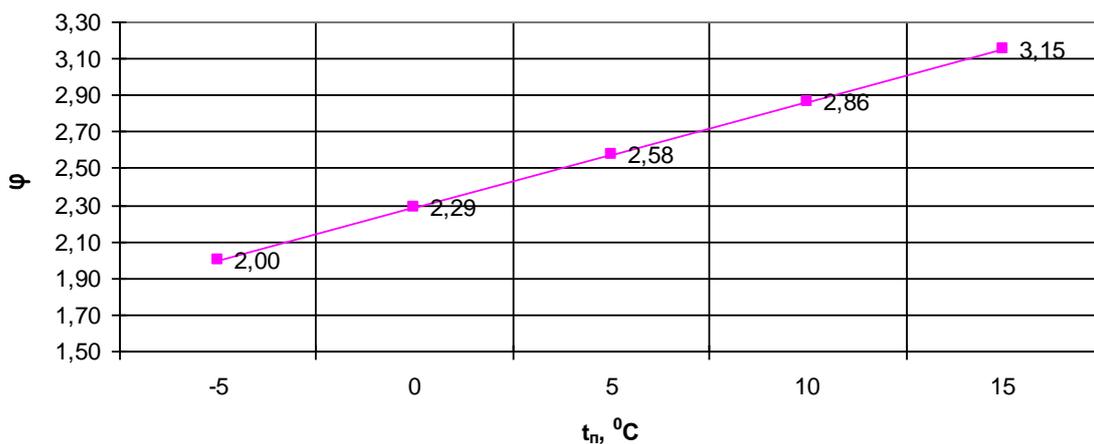


Рис. 3.1 - Значення коефіцієнта перетворення ТН в залежності від температури ґрунту

На рис. 3.2 представлено значення показника питомих витрат електроенергії на одиницю виробленої теплоти в ТН в залежності від температури ґрунту. ТН працює тим ефективніше, чим менші значення цього показника. На рис. 3.2 спостерігається зменшення витрат електроенергії зі збільшенням температури ґрунту. Це зумовлено зменшенням потужності компресора ТН внаслідок зменшення різниці температур.

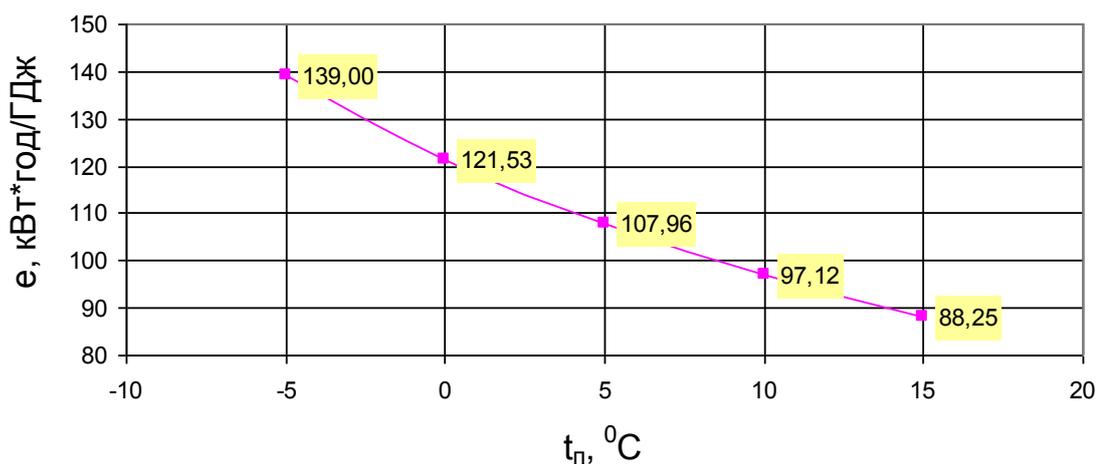


Рис. 3.2 - Значення показника питомих витрат електроенергії на одиницю виробленої теплоти в ТН в залежності від температури ґрунту

На рис. 3.3 представлено залежності показників енергетичної ефективності ТН від температури ґрунту. Запропоновані залежності дозволяють визначити раціональні температурні режими роботи ТН та обґрунтувати значення граничної ефективної температури ґрунту.

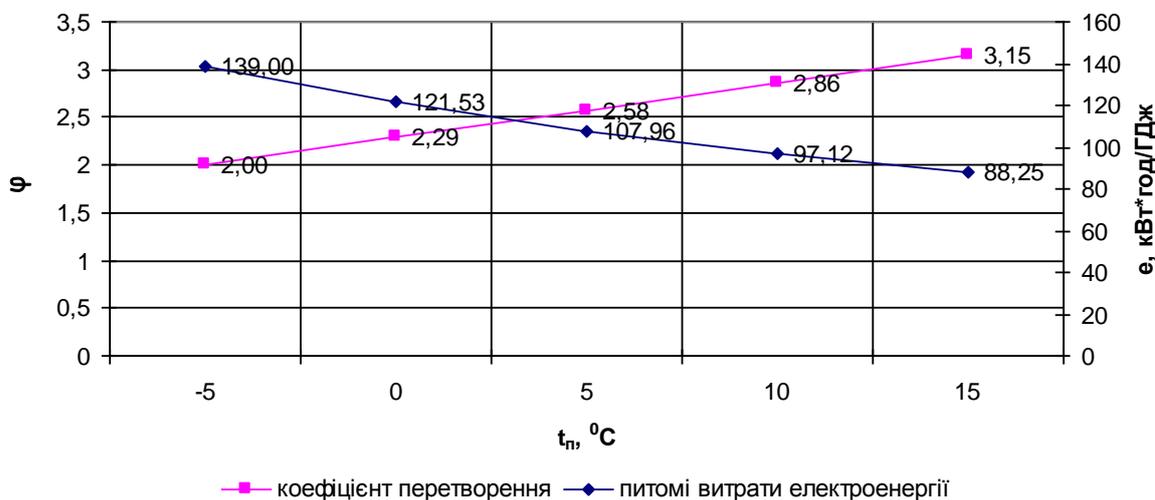


Рис. 3.3 - Залежності показників енергетичної ефективності ТН від температури ґрунту

На рис. 3.4 представлено залежності показників енергетичної ефективності ТН від температури води на виході з конденсатора теплового насосу. Запропоновані залежності дозволяють визначити раціональні температурні режими роботи ТН та обґрунтувати значення граничної ефективної температури води на виході з конденсатора теплового насосу.

Залежності, показані на рис. 3.1-3.4, дозволяють визначити раціональні температурні режими роботи геотермальних ТН, обґрунтувати вибір раціональних режимів роботи геотермальних ТН.

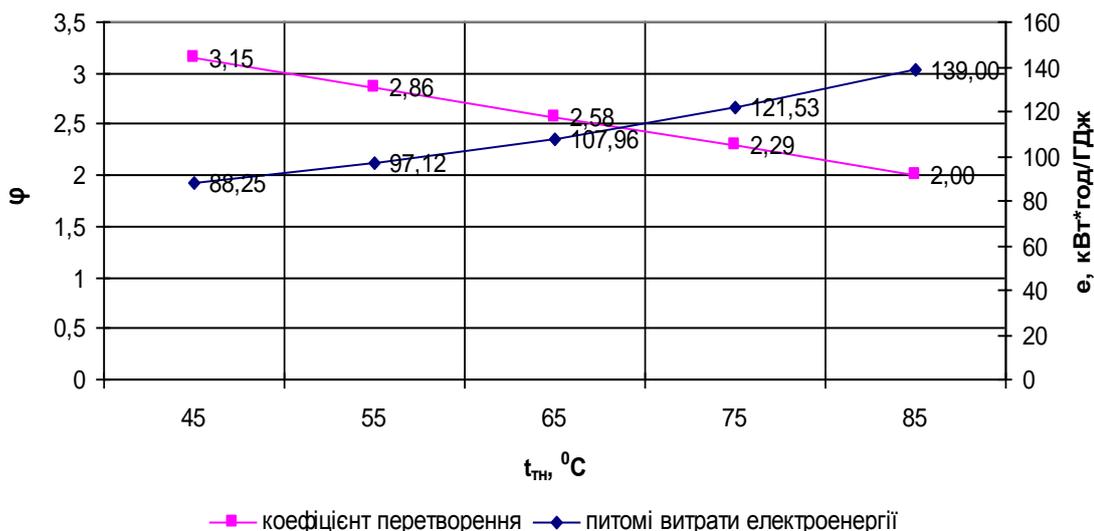


Рис. 3.4 - Залежності показників енергетичної ефективності ТН від температури води на виході з конденсатора теплового насосу

Потреби споживачів в теплоті покриваються за рахунок парових або водогрійних котелень (котлів). Теплота, що виробляється тепловими насосами, може бути використана для опалення та гарячого водопостачання. Проведено дослідження ефективності застосування ТН за умови заміщення частини потужності котельні.

На рис. 3.5 представлено залежність економії умовного палива (у відсотках) від температури ґрунту при використанні ТН з електроприводом за умови заміщення частини потужності котельні (котла). Враховувалась витрата умовного палива в котлах та при виробництві електроенергії на електростанціях.

На рис. 3.6 представлено залежність економії умовного палива (у відсотках) від температури води на виході з конденсатора ТН при використанні ТН з електроприводом. Враховувалась витрата умовного палива в котлах та при виробництві електроенергії на електростанціях.

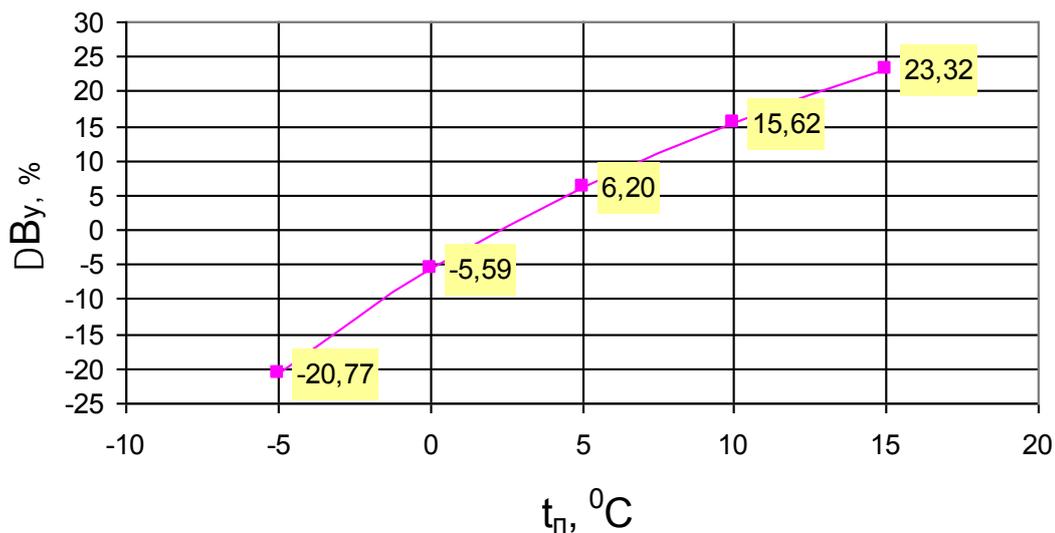


Рис. 3.5 - Залежність економії умовного палива (у відсотках) від температури ґрунту при використанні ТН з електроприводом

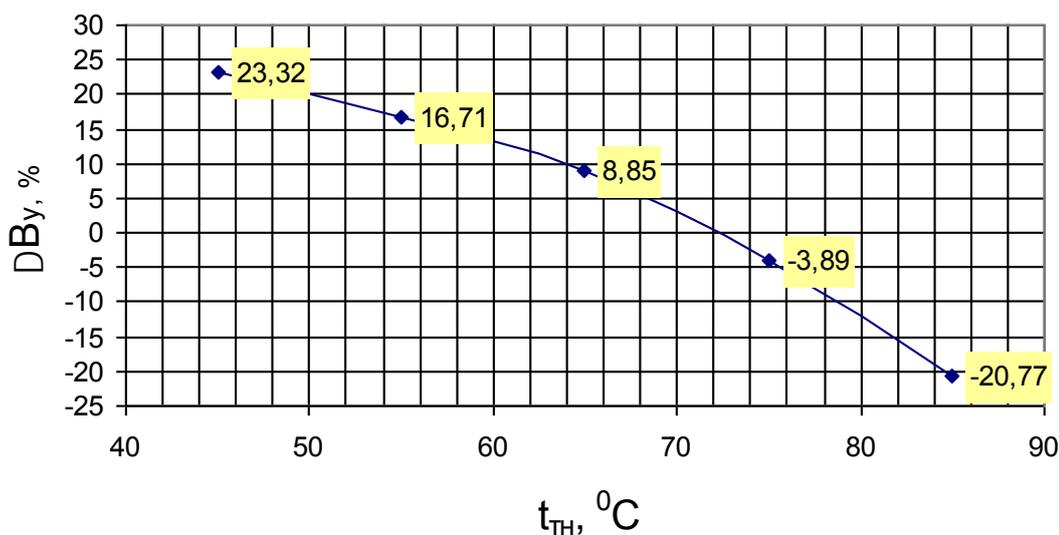


Рис. 3.6 - Залежність економії умовного палива (у відсотках) від температури води на виході з конденсатора ТН при використанні ТН з електроприводом

Як видно із рис. 3.6, за умови використання теплоти ґрунту в ТН для значень температури теплоносія на виході з конденсатора 45–71 °С забезпечується економія палива до 23,32%, збільшення цієї температури понад 72 °С зумовлює перевитрату умовного палива.

Як видно з рис. 3.6 для ТН спостерігається зменшення економії умовного палива зі збільшенням температури води на виході з конденсатора. Такий характер

залежностей пояснюється збільшенням витрати електроенергії на привод компресора ТН при значному збільшенні температури води після конденсатора.

Економія умовного палива від застосування ТН з електроприводом досягається за умови

$$\varphi > \frac{\eta_{\text{кот}}^{\text{H}}}{\eta_{\text{ес}} \cdot \eta_{\text{ем}}}, \quad (3.1)$$

де $\eta_{\text{кот}}^{\text{H}}$ – ККД-нетто котельні, $\eta_{\text{ес}}$ – ККД електростанцій, $\eta_{\text{ем}}$ – ККД електромереж.

Так, для прийнятих значень $\eta_{\text{кот}}^{\text{H}} = 0,8$; $\eta_{\text{ес}} = 0,36$ та $\eta_{\text{ем}} = 0,92$ ефективно впровадження ТНУ та економія умовного палива забезпечуються при значеннях коефіцієнта перетворення $\varphi > 2,415$. Це узгоджується з результатами, представленими на рис. 3.1-3.6.

Запропоновані на рис. 3.5-3.6 залежності дозволяють оцінити очікувану економію умовного палива від застосування ТН, виходячи з необхідних температурних рівнів споживачів теплоти.

Як вже зазначалось, крім енергетичних переваг, застосування теплових насосів зумовлює зменшення забруднення навколишнього середовища (також і теплового) та скорочення шкідливих викидів в атмосферу.

На рис. 3.7 показані залежності зменшення викидів CO_2 (у відсотках) від температури ґрунту у разі використання ТН, порівняно з роботою водогрійної котельні такої ж потужності на природному газі. Враховувались викиди CO_2 під час спалювання газу в котлах та при виробництві електроенергії на електростанціях.

На рис. 3.8 показані залежності зменшення викидів CO_2 (у відсотках) від температури води на виході з конденсатора ТН у разі використання ТН, порівняно з роботою водогрійної котельні такої ж потужності на природному газі. Враховувались викиди CO_2 під час спалювання газу в котлах та при виробництві електроенергії на електростанціях.

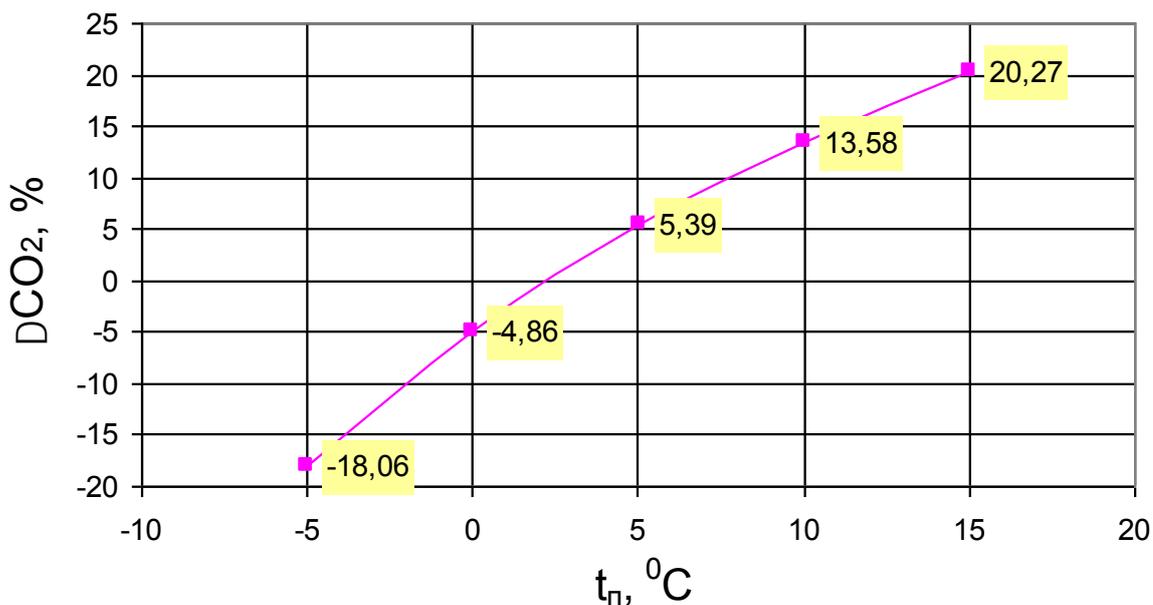


Рис. 3.7 - Зниження викидів CO₂ (у відсотках) у разі використання ТН від температури ґрунту при використанні ТН з електроприводом

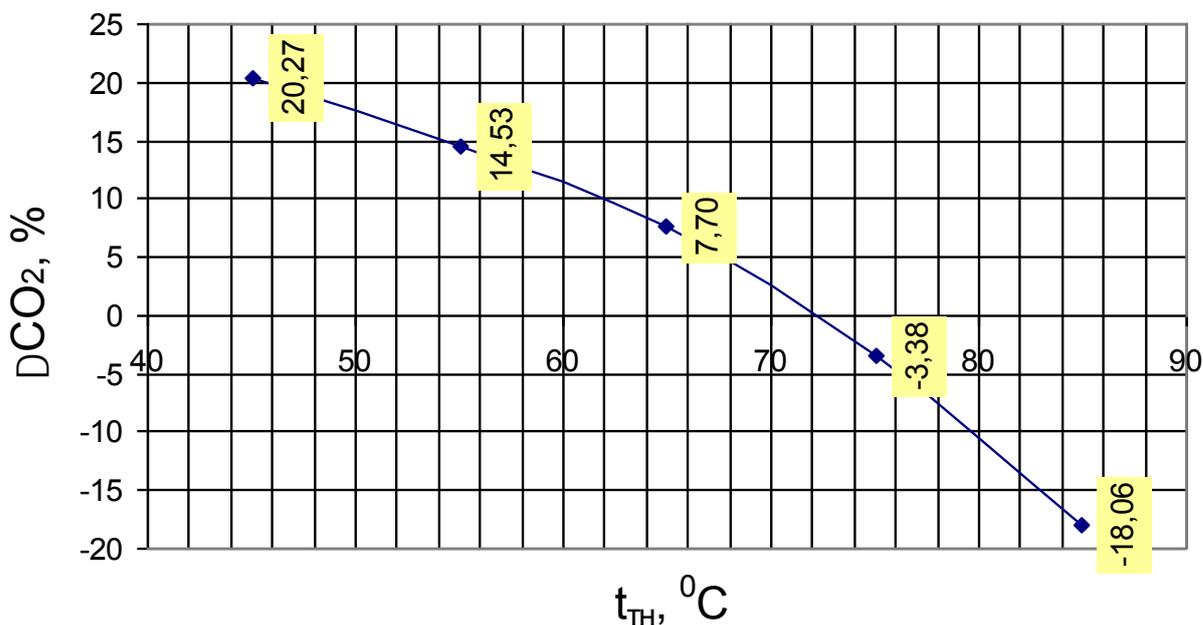


Рис. 3.8 - Зниження викидів CO₂ (у відсотках) у разі використання ТН від температури води на виході з конденсатора ТН при використанні ТН з електроприводом

Як видно з рис. 3.7, для ТН характерне істотне скорочення викидів CO₂ зі збільшенням температури ґрунту. Це зумовлено зменшенням витрати електроенергії на привод компресора ТН та, як наслідок, зменшенням кількості викидів CO₂ на електростанціях.

Як видно з рис. 3.8, за умови використання теплоти ґрунту в ТН, з температурою води на виході з конденсатора 45...71 °С забезпечується зменшення викидів CO₂ до 20,27 %, а підвищення цієї температури понад 72 °С зумовлює збільшення викидів. Для ТН характерне істотне скорочення викидів CO₂ зі зменшенням температури води на виході з конденсатора. Це зумовлено тим, що зі значним збільшенням температури води після конденсатора зростають витрати електроенергії на привод компресора ТНУ та, як наслідок, збільшується кількість викидів CO₂ на електростанціях.

Запропоновані залежності, показані на рис. 3.7-3.8, дозволяють оцінити економію умовного палива та зменшення викидів CO₂ у разі використання геотермальних ТН, а також визначити раціональні температурні режими роботи геотермальних ТН. Потужність ТН слід вибирати, виходячи з теплових навантажень та конкретних умов експлуатації.

3.2 Висновки до розділу 3

1. Визначено та обґрунтовано раціональні температурні режими роботи ТН з електричним приводом для теплопостачання.

2. Визначено, що для ТН з електроприводом діапазон раціональних значень температури на виході з конденсатора становить 45–71 °С. За цих умов забезпечується ефективно впровадження геотермальних ТН та досягається економія умовного палива до 23,32% в залежності від режиму роботи ТН.

3. Визначено, що за умов енергоефективних режимів роботи ТН з електроприводом забезпечується скорочення викидів CO₂ до 20,27% в залежності від режиму роботи ТН.

4. Встановлені залежності можуть бути використані для прогнозування умов ефективної інтеграції геотермальних ТН в системи теплопостачання.

4 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВТРАТ, ПІДБІР ОБІГРІВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

4.1 Вихідні дані

Географічний пункт будівництва: м. Ізмаїл.

Кліматологічна характеристика району будівництва:

за даними ДСТУ-Н В.1-27:2010 “Будівельна кліматологія” для м. Ізмаїл

середні температури зовнішнього повітря: найбільш холодної п’ятиденки $t_5^{0,92} = -20^\circ\text{C}$ (із забезпеченістю $k=0,92$); найбільш холодної доби $t_1^{0,92} = -23^\circ\text{C}$ (із забезпеченістю $k=0,92$); найбільш холодної доби $t_1^{0,98} = -7$ (із забезпеченістю $k=0,98$), швидкість вітру в січні $v_{\text{січ}} = 4,4$ м/с.

Визначаємо, що м. Ізмаїл знаходиться у II архітектурно-будівельному кліматичному районі.

Тривалість опалювального періоду – 161 доба.

Конструкція зовнішніх стін: кладка з газоблоків на цементно-піщаному розчині товщиною 370мм з внутрішньою штукатуркою – 10мм, зовнішньою штукатуркою – 10 мм, утеплювачем – 50мм.

Тип будівлі: житлова будівля.

Схема системи опалення: автономна система опалення.

Джерело теплозабезпечення: тепловий насос, теплоносій – вода.

Кількість поверхів: 5, висота поверху: 3,3 м.

4.1.1 Склад будівельних елементів зовнішніх огорожень

Теплозахисні якості огорожень характеризуються величиною теплопередачі R_o , що чисельно дорівнює температурі, при охолодженні теплового потоку, рівного 1 Вт через 1 м² огороження.

Так як м. Ізмаїл знаходиться в II архітектурно-будівельному кліматичному районі, то для огорожуючих конструкцій (зовнішніх стін, вікон, перекриттів) використовують певні опори теплопередачі R_o , що наведено в таблиці 5.1[]

Таблиця 4.1 Опори теплопередач захисних конструкцій м²° С/Вт

Найменування	Значення опору теплопередачі, R_o , м ² ° С/Вт
Зовнішня стіна	3,3
Перекриття і покриття	4,95
Вікно потрійне	0,75
Двері	0,5

4.2 Визначення тепловтрат через огорожуючі конструкції

Для визначення потужності опалювального устаткування і інших розрахунків усіх елементів системи (потужність теплового насоса, поверхні опалювальних приладів а також розрахункових витрат теплоносія і потрібних для нього перерізів трубопроводів) виконується розрахунок тепловтрат усіх приміщень будинку.

Тепловтрати через зовнішні огороження будівлі при заданому тепловому режимі визначаються величиною теплового потоку у Вт і залежать від конструкції і теплофізичних властивостей будівельних матеріалів огорожень і від архітектурно-планувальних рішень будинку.

Таким чином, вірний вибір теплозахисних зовнішніх огорожень дозволяє отримати економічне розрахункове теплове навантаження на опалювальну установку.

Система опалення повинна компенсувати теплові втрати через будівельні огороження, втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря, яке надходить через відчинені двері, прорізи, щілини притворів і незачинені зимою двері (інфільтрацію).

Теплообмін через огороження між суміжними приміщеннями, які опалюються, при розрахунках тепловтрат враховуються тільки при різниці температур внутрішнього повітря цих приміщень більше 5 °С.

Загальні тепловтрати приміщень, Q_3 складаються із основних і додаткових, Вт:

$$Q_3 = Q_{\Gamma} + Q_{\delta}, \quad (4.1)$$

де Q_{Γ}, Q_{δ} – відповідно головні і додаткові тепловтрати приміщень, Вт.

Втрати теплоти визначаються сумуванням втрат теплоти через окремі огорожуючі конструкції з точністю до 10 Вт:

$$Q_{\text{огор.}} = F(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\delta})(1 - \sum \beta)n = \kappa F(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\delta})(1 - \sum \beta)n, \quad (4.2)$$

де F – розрахункова площа огорожувальної конструкції, м²;

κ – коефіцієнт теплопровідності даної огорожувальної конструкції, Вт/(м² °С);

R_0 – опір теплопередачі конструкції, м²°С/Вт;

$t_{\text{в}}$ – розрахункова температура повітря, °С;

$t_{\text{н}}^{\delta}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року, °С;

n – коефіцієнт, який враховує положення зовнішньої поверхні огорожуючих конструкції, по відношенню до зовнішнього повітря;

β – додаткові тепловтрати в долях від основних втрат.

4.2.1 Розрахунок зовнішніх стін

Район будівництва — місто Ізмаїл.

Згідно карти-схеми температурних зон м. Ізмаїл відноситься до 2-ї температурної зони менше 3500 градусо - діб.

Попередньо позначаємо конструкцію стіни, в залежності від конструктивних особливостей, навантаження на стіну, призначення стіни, матеріалу шарів.

Задаємо товщину стіни.

Стіна складається:

Штукатурка цементно – вапняна: товщина $\delta_{ш}=10\text{мм}$; $\lambda_{ш}=0,7\text{Вт/м}^\circ\text{C}$.

Газобетон густина $\rho=1200\text{ кг/м}^3$ (брутто) на цементно – піщаному розчині $\rho_m=1600\text{ кг/м}^3$, $\lambda_r=0,29\text{ Вт/м}^\circ\text{C}$.

Товщина шару: $\delta=300\text{ мм}$.

Утеплювач: вата мінеральна $\lambda_y=0,050\text{ Вт/мК}$.

Підрахуємо термічний опір кожного шару стіни за формулою:

$$R=\delta\lambda; \quad (4.3)$$

де R – термічний опір однорідної конструкції, м; δ - товщина шару однорідної конструкції; λ – коефіцієнт теплопровідності $\text{Вт/м}^\circ\text{C}$

Термічний опір дорівнює:

$$R_{ш} = \delta_{ш}/\lambda_{ш} = 0,01 / 0,7 = 0,014\text{ м}^2\text{C/ Вт};$$

$$R_r = \delta_r/\lambda_r = 0,30/0,29 = 1,034\text{ м}^2\text{C/ Вт};$$

Товщину шару утеплювача розраховуємо:

$$R_y = \delta_y/\lambda_y = \delta_y/0,050$$

$$R_r = \delta_r/\lambda_r + 2\delta_{ш}/\lambda_{ш} + \delta_y/\lambda_y$$

$$R_{заг} = R_r + R_3 + R_B = 1/\alpha_3 + 1/\alpha_B + \delta_{ц}/\lambda_{ц} + 2\delta_{ш}/\lambda_{ш} + \delta_y/\lambda_y \quad (4.4)$$

$$\alpha_3 = 23\text{ Вт/м}^\circ\text{C} \quad R_3 = 1/\alpha_3$$

$$\alpha_B = 8,7\text{ Вт/м}^\circ\text{C} \quad R_B = 1/\alpha_B$$

Загальний опір теплопередачі конструкції знаходимо:

$$R_{\text{зар}} = 1/23 + 1/8,7 + 2*0,01/0,7 + 0,30/0,29 + \delta_y / 0,050 = 1,21 + \delta_y / 0,050 = 2 \text{ м}^2\text{°С/Вт},$$

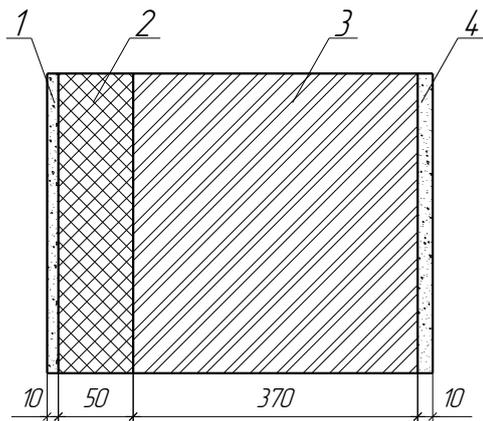
де 8,7 – коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній стороні конструкції;

23 – коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній стороні конструкції.

$$\delta_y / 0,050 = 0,79; \quad \delta_y = 0,040.$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_y = 0,05 \text{ м}$.

Загальну товщину стіни приймаємо як суму всіх шарів: $300 + 50 + 10 \times 2 = 370 \text{ (мм)}$.



- 1 – штукатурний шар;
- 2 – плита мінераловатна;
- 3 – газоблоки;
- 4 – штукатурка.

Рисунок 4.1 - Схема конструкції стіни

4.2.2 Розрахунок перекриття:

Для визначення товщини шару утеплювача підлоги будинку (рис 4.2) будемо проводити, враховуючи опори теплосприймання і тепловіддачі.

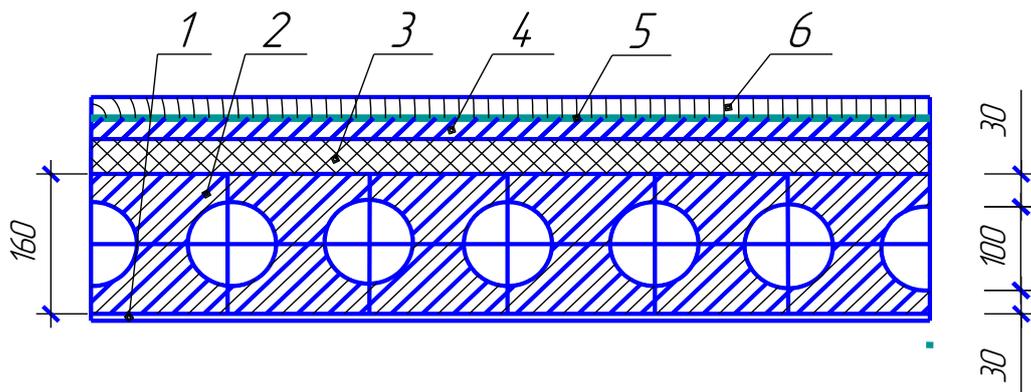


Рисунок 4.2 – Будова шару підлоги будинку: 1 - шар захисних листів; 2 – монолітна залізобетонна плита; 3 – утеплювач; 4 – цементне покриття; 5 – мастика; 6 – дерев'яний паркет.

Перший шар – захисні листи великих розмірів(гіпсокартонні листи),

$$\lambda_1=0,47 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}, \delta_2=0,01м.$$

$$R_1 = \frac{0,01}{0,47} = 0,021 \left(\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right). \quad (4.5)$$

Другий шар – залізобетонна панель, виберемо із рисунку (рис.4.2).

Третій шар – утеплювач виконуємо з пінополістеролу: $\lambda_{ут}=0,035 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$,

Четвертий шар – з цементно – піщаного розчину: $\lambda_4=0,81 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$,

$\delta_4=0,015м.$

$$R_4 = \frac{0,015}{0,81} = 0,018 \left(\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right). \quad (4.6)$$

П'ятий шар – мастика, $\lambda_5=0,17 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$, $\delta_5=0,003м$, термічний опір якого:

$$R_5 = \frac{0,003}{0,17} = 0,018 \left(\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right). \quad (4.7)$$

Шостий шар – паркет дубовий $\lambda_6=0,407 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$, $\delta_6=0,02м$, термічний опір

якого:

$$R_6 = \frac{0,02}{0,407} = 0,049 \left(\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right). \quad (4.8)$$

Сумарний термічний опір горищного перекриття складас:

$$R_{i \rightarrow \infty} = R_1 + R_0 + R_2 + R_{\infty} + R_4 + R_5 + R_6, \quad (4.9)$$

де R_0 – загальний опір теплопередачі з/б плити з врахуванням опору теплосприймання внутрішньої та опору тепловіддачі зовнішньої поверхонь;

R_{∞} – коефіцієнт опору утеплювача.

Визначаємо термічний опір шару утеплювача:

$$R_{\infty} = R_{\Sigma}^{\hat{A}} - (R_1 + R_0 + R_4 + R_5 + R_6), \quad (4.10)$$

$$R_{yt} = 3,11 - (0,021 + 0,329 + 0,018 + 0,018 + 0,049) = 2,67 \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Wm} \right).$$

Визначаємо необхідну товщину утеплювача:

$$\delta_{\infty} = R_{\infty} \cdot \lambda_{\infty}, \quad (5.11)$$

$$\delta_{yt} = 2,67 \cdot 0,035 = 0,1 (m).$$

Додаткові тепловтрати через огорожуючі конструкції приміщень враховуються і обчислюються у відсотках від основних та приймаються в залежності від виду огороження. Затрати теплоти Q_i , Вт. для нагрівання повітря при інфільтрації у приміщеннях житлових будинків при наявності природної витяжної вентиляції слід визначити за формулою:

$$Q_s = 0,28 \times L \times \rho_s \times \tilde{N}(t_a - t_i^a), \quad (4.12)$$

де C - питома теплоємність повітря, яка дорівнює $1 \text{ Кдж}/(\text{кг}^\circ\text{C})$;

L – витрати повітря, яке видаляється (для житлових приміщень приймається рівною $3 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 м^2 площі житлового приміщень і кухні);

ρ_s - густина зовнішнього повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Розрахунок тепловтрат будинку проведено за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Office Excel наведено в додатку К.

4.3 Визначення теплових надходжень в будівлю

Надходження тепла в будівлю визначається як сума надходжень теплоти через прозорі та непрозорі зовнішні огороження, штучного освітлення та людей.

Визначення кількості тепла, яке надходить через світлові пройми

Розрахунок ведемо для липня місяця. В проєкті дані металопластикові вікна. Згідно кліматичних умов м. Ізмаїл маємо географічну широту $45^\circ 55'$ північної широти, максимальне надходження тепла о 13 годині о півдні.

Надходження тепла в приміщення за рахунок інсоляції та різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря крізь світлові прорізи. За цією формулою

визначається кількість теплоти в Вт, яка надходить в приміщення за рахунок сонячної радіації.

$$Q = (q_1 F_{01} + q_2 F_{02}) \beta_{c.n} k_0 + \frac{t_3 - t_6}{R_0} \cdot F_0 \text{ (Вт)}, \quad (4.13)$$

де F_{01} - площа світлової пройми, яка опромінюється прямою сонячною радіацією, м²;

F_{02} - площа світлової пройми, яка не опромінюється прямою сонячною радіацією, м²;

$\beta_{c.n}$ - коефіцієнт тепло пропускання сонцезахисних пристроїв;

k_0 - коефіцієнт, який залежить від типу застосування:

Для одинарного застосування	1
Для подвійного застосування	0,9
Для потрійного застосування	0,75
Для склоблоків	0,7

R_0 - опір теплопередачі заповнень світлових пройм, м²·К/Вт ;

t_6, t_3 - розрахункова температура зовнішнього та внутрішнього повітря, °С;

$F_0 = F_{01} + F_{02}$ - площа світлової пройми, що визначається за її найменшими розмірами (в світлі), м²;

q_1, q_2 - відповідно кількість теплоти, яка надходить через одинарне застосування світлових пройм в Вт/м при прямому та непрямому опроміненні сонячною радіацією, для вертикального застосування:

$$q_1 = (q_{v.p.} + q_{v.n}) k_1 k_2, \quad (4.14)$$

$$q_2 = q_{v.p.} k_1 k_2, \quad (4.15)$$

де $q_{v.n}$ - надходження теплоти через одинарне застосування від прямої радіації;

$Q_{в.р.}$ - надходження теплоти в Вт/м² через вертикальне застелення від розсіяної сонячної радіації

k_1 - коефіцієнт, який враховує затемнення проїм віконними рамами;

k_2 - коефіцієнт, який враховує забрудненість скла.

4.4 Тепловий розрахунок опалювальних приладів

Тепловий розрахунок опалювальних приладів полягає у визначенні зовнішньої нагрівальної поверхні кожного приладу, що забезпечує необхідний тепловий потік від теплоносія в приміщення. Розрахунок проводиться при температурі теплоносія, що встановлюється для умов вибору теплової потужності приладів.

Площа тепловіддаючої поверхні залежить від прийнятого виду приладу, його розташування в приміщенні і схеми приєднання до труб.

Оскільки нам відома тепла потреба приміщень та поверхнева густина теплового потоку приладу, то розрахункова площа опалювального приладу незалежно від виду теплоносія:

$$A_p = Q_{np} / q_{np}, \quad (4.16)$$

де Q_{np} – потрібна тепловіддача приладу в розглядуваному приміщенні, яка визначається по нижче наведеній формулі:

$$Q_{np} = Q_n - \beta_{mp} Q_{mp}, \quad (4.17)$$

де Q_n – тепла потреба, Вт; Q_{mp} – сумарна тепловіддача проложених в межах приміщення нагрітих труб стояка і підводок до яких безпосередньо приєднаний прилад; β_{mp} – поправочний коефіцієнт, що враховує долю тепловіддачі теплопроводів, корисну для підтримання заданої температури повітря в приміщенні.

Сумарна тепловіддача теплопроводів Q_{mp} , Вт, знаходимо по формулі:

$$Q_{mp} = \sum k_{mp} \pi d_n l (t_m - t_e) \quad (4.18)$$

де k_{mp} , d_n , l – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·°С), зовнішній діаметр, м, і довжина, м, окремих теплопроводів;

t_m і t_e - температура теплоносія і повітря в приміщенні, °С.

4.5 Підбір обігрівальних приладів для системи опалення

Опалювальні прилади є основними елементами системи опалення і повинні відповідати певним технологічним, санітарно-гігієнічними, техніко-економічним, архітектурно – будівельним вимогам.

В даному проєкті передбачається встановлення фанкойлів Carrier. Фанкойли Carrier мають гарантію 5 років з врахуванням експлуатації по призначенню. Строк служби – не менше 20 років.

Для опалення житлової будівлі підібрані фанкойли Carrier 42N. Основні технічні параметри фанкойлів наведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Основні технічні параметри фанкойлів Carrier (тип 42N):

Розміри	830×570×280
Теплова потужність, кВт	1,6
Холодопотужність, кВт	1,4
Загальна маса M_T , кг/м	17
Об'єм води V_T , л/м	3,6
Коефіцієнт місцевого опору	8,5

Для опалення вбудованих приміщень підібрані фанкойли Carrier 42GW. Основні технічні параметри фанкойлів наведено у таблиці 4.4

Таблиця 4.4 - Основні технічні параметри фанкойлів Carrier (тип 42GW):

Розміри	750×750×290
Теплова потужність, кВт	2
Холодопотужність, кВт	1.8
Загальна маса M_T , кг/м	22
Об'єм води V_T , л/м	4.2
Коефіцієнт місцевого опору	5.5

Для запобігання потрапляння холодного повітря у вбудовані приміщення в зимовий час передбачено встановлення теплових завіс на вході.

Основні технічні параметри теплових завіс наведено у таблиці 4.5

Таблиця 4.5 - Основні технічні параметри теплових завіс Carrier ASD 22-42.

Розміри	2900×350×300
Теплова потужність, кВт	3
Холодопотужність, кВт	2,3
Загальна маса M_T , кг/м	34
Об'єм води V_T , л/м	5,2
Коефіцієнт місцевого опору	7,2

Переваги фанкойлів Carrier:

- сучасний дизайн;
- незалежний контроль кожного пристрою;
- можуть працювати як в режимі нагріву, так і в режимі охолодження;
- фільтрування повітря;
- можливість спрямовувати потік охолодженого або нагрітого повітря;
- зручність і простота монтажу з скритою підводкою труб.

4.6 Моделювання гідравлічного режиму системи опалення

Системи опалення являють собою розгалужену мережу теплопроводів, які виконують важливу функцію – розподілення теплоносія по опалювальним приладам.

Метою гідравлічного розрахунку є визначення економічних діаметрів теплопроводів при заданих теплових навантаженнях і розрахунковому циркуляційному тиску, який встановлений для цієї системи.

Розрахунок трубопроводів проведено, коли визначено тепловтрати приміщень, вибрано і розміщено опалювальні прилади (розділ 5.2), складена схема теплопроводів в аксонометрії (аркуші 5).

Гідравлічний розрахунок системи опалення складається з трьох етапів:

1) Розбивання системи на ділянки і приймання діаметрів трубопроводів на цих ділянках.

2) По таблицям визначено швидкість руху теплоносія на даній ділянці, питомі втрати тиску і втрати тиску на місцевих опорах, визначають сумарні втрати тиску в системі.

3) Виконано перевірку: якщо запас тиску не перевищує 10% то діаметри трубопроводів підбрано правильно, в іншому випадку виконують перерахунок.

Перший етап.

Розбиваємо систему на окремі ділянки і визначають витрату теплоносія по кожній ділянці. Значення витрат теплоносія кожної ділянки наносять на аксонометричну схему (аркуш 3).

Розрахунок починаємо із самого навантаженого циркуляційного кільця.

Витрати води визначаються за формулою:

$$G=0,86 \cdot (Q / (t_2 - t_{ox})). \quad (4.19)$$

Допустимий радіус трубопроводу визначають за формулою:

$$R_d = \frac{0,5 \cdot P}{\sum L}. \quad (4.20)$$

Другий етап.

Орієнтуючись на витрату води визначаємо діаметр трубопроводів, питомі втрати тиску на тертя на 1 м і швидкість руху води в трубопроводі, які заносять до таблиці гідравлічного розрахунку (додаток Б).

Витрати на місцевих опорах визначаємо за формулою:

$$Z = \sum \xi h. \quad (4.21)$$

Третій етап.

Просумувавши втрати тиску в системі порівнюємо його з розрахунковим. При розрахунках величиною природного тиску нехтуємо, тоді

$$P_p = P_{ш} = (80 \div 100) \sum l.$$

Дані гідравлічного розрахунку наведено в додатку

4.7 Розрахунок розширювального бака. Підбір насосів.

Розрахунок розширювального баку

Об'єм розширювального бака в індивідуальному тепловому пункті „VX Solo” фірми „Термія” (Німеччина) дорівнює 60 літрів. Для перевірки мінімально необхідного об'єму бака виконуємо наступний розрахунок за формулою:

$$V_{\text{бака}} = \frac{0,0356 \times V_{\text{сист}}}{\left(1 - P_{\text{хол}} / P_{\text{гар}}\right)},$$

де $V_{\text{бака}}$ – об'єм розширення при нагріванні, м³;

$V_{\text{сист}}$ – об'єм води в системі опалення, м³;

$P_{\text{хол}}$ – тиск води в холодній системі, бар;

$P_{\text{гар}}$ – тиск води в нагрітій системі, бар.

$$V_{\text{бака}} = \frac{0,0356 \times 7.1}{(1 - 1/1,8)} = 220 \text{ л}$$

Отже, підбираємо розширювальний бак об'ємом 240л фірми „Термія” БРЗ (Україна), який повинен повністю задовільняти дану систему.

Підбір насоса.

Для вибору насоса необхідно спочатку визначити:

подачу (витрату) насоса по формулі: $G_0 = \frac{0,86 \times Q_{\text{max}}}{(t_1 - t_2)}, \text{ м}^3 / \text{год}$

де Q_{max} – максимальне теплове навантаження на теплогенератор, кВт (тепловтрати на опалення 327 кВт);

G_0 – розрахункова максимальна витрата води, що нагрівається від генератора тепла, м³/год;

t_1 – температура води, що нагрівається на виході із котла, °С;

t_2 – температура зворотної води на вході в котел, °С.

$$G_0 = \frac{0,86 \times 227}{(40 - 30)} = 19.5 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Отже, підбираємо 2 циркуляційних насоси WILO Crono NL марки Crono NL [28].

4.8 Висновки до розділу 4

В даному розділі проведено тепловий розрахунок зовнішніх конструкцій та визначено тепловтрати (додаток), підібрано обігрівальні прилади для системи опалення житлової будівлі в місті Ізмаїл, проведено моделювання гідравлічного режиму системи опалення, спроектовано аксонометричну схему (аркуші 2), нанесено розводку трубопроводів на планах поверхів (аркуш 3). Сумарні втрати тепла складають 327 кВт.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

5.1 Аналіз конструктивних особливостей об'єкту

В даній магістерській кваліфікаційній роботі запроєктована енергоефективна система опалення з ТН житлової будівлі в м. Ізмаїл.

Система опалення запроектована відповідно до [11].

Для житлової будівлі запроектована автономна система опалення. Генератором тепла служить тепловий насос AQUICAT2 LDH 500V, який встановлено у підвальному приміщенні будинку. Теплоносій–вода з параметрами 40-30°C.

Для всіх приміщень будинку застосований варіант горизонтального розведення трубопроводів. Система опалення горизонтальна двохтрубна з верхньою розводкою магістралей із сталевих водопровідних труб ГОСТ 380-94. Розвідні поліпропіленові трубопроводи прокладені на технічному поверсі (див. аркуш 1). Під'єднувальні трубопроводи прокладені у підлогових каналах розміром 250×80 мм. Трубопроводи теплоізолюються тепловою ізоляцією з пінополіуретану. Вертикальні стояки теплоізолюються згідно [29]. Трубопроводи в місцях перетину перекриттів, внутрішніх стін та перегородок прокладаються в гільзах з негорючих матеріалів. Гільзи на 20...30 мм виступають над позначкою чистої підлоги.

Центральні стояки Ст 1 і Ст 3 прокладаються у кухнях, а Ст 2 і Ст 4 в коридорах (4 групи стояків). Для опалення торгового комплексу прокладена окрема група стояків Ст 5. Для надання естетичності стояки закриті декоративними коробами.

На технічному поверсі розташовані розширювальний бак, теплообмінник системи ОП, насосний вузол і розвідні трубопроводи.

В даній системі опалення використовуються фанкойли 42 N та 42GW фірми “Carrier” [19]. “ Carrier 42” – чотирьохтрубні фанкойли з боковим приєднанням та вбудованим терморегулюючим вентилям RTD. В найвищих точках системи встановлено повітровипускні крани, а в найнижчих – крани для зливу теплоносія.

На підставі аналізу конструктивних особливостей об'єкту складено перелік основних і допоміжних матеріалів (див. табл. 5.1).

5.2 Отримання об'єкту під монтажні роботи

Перед початком монтажних робіт об'єкт приймається згідно акту для виконання будівельно - монтажних робіт, таких як:

- а) пробити отвори в стінах, перегородках і перекриттях для прокладання трубопроводів;
- б) виконати отвори із закладними деталями;
- в) влаштувати штроби для під підлогового прокладання трубопроводів;
- г) провести лінії енергоживлення для можливості проведення монтажних робіт;
- д) підготувати монтажні проходи для переміщення великогабаритного обладнання, що монтується;
- е) нанести на стінах фарбою відмітки "чистої підлоги";
- ж) підготувати основи під розширювальний бачок, котли, водопідготовку;

Перед початком монтажу систем забезпечити:

- приміщення для майстра, побутові приміщення для робітників;
- достатнє освітлення приміщень;
- приміщення для комплектувальної майстерні, майданчики для зберігання заготовок, типових деталей, матеріалів і обладнання в зоні дії транспортних засобів;
- електроенергією, водою для виробничих і побутових потреб;
- пожежно-охоронною охороною;
- забезпечити можливість використання приоб'єктного транспорту для переміщення та підйому обладнання системи опалення.

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

5.3 Визначення складу і об'ємів робіт

Після прийняття об'єкту під монтаж, доставити такі матеріали і механізми:

- а) монтажні пристосування і механізми;
- б) допоміжні матеріали;
- в) заготовки опалювальних систем в комплекті з прокладочними та закріплюючими деталями;
- г) обладнання системи опалення в комплекті з допоміжним обладнанням.

5.3.1 Визначення об'ємів робіт

Визначення об'ємів робіт для системи опалення.

Кількість потрібних матеріалів та виробів, які привозяться на об'єкт становить 8,95 т (див. таблицю 5.1).

- а) розмітка місця прокладання трубопроводів складається з таких робіт:
- ознайомлення з робочими кресленнями і перевірка їх на місці;
 - розмітка місць прокладання трубопроводів з нанесенням на стіні місць перетину трубопроводів.

Довжина трубопроводів, які прокладаються становить 1423 м (див. таблицю 5.1).

б) прокладка поліпропіленових трубопроводів з контактним зварюванням стиків складається з таких робіт:

- розмітка деталей і різання труб;
- збирання вузлів трубопровода з окремих частин;
- прокладка трубопроводів з окремих вузлів і з'єднання їх контактним зварюванням;

Довжина поліпропіленових трубопроводів $D_y = 15$ мм складає 568 м;
 $D_y = 20$ мм складає 427 м; $D_y = 25$ мм складає 114,5 м; $D_y = 32$ мм складає 578,7 м;
 $D_y = 40$ мм складає 73 м; $D_y = 50$ мм складає 100,5 м; $D_y = 63$ мм складає 82 м
 (див. таблицю 5.1).

в) встановлення фанкойлів складається з таких робіт:

- свердління отворів для кріплення;
- кріплення приладів з вивірюванням по рівню і відвісу.
- під'єднання подавальних і зворотніх ліній.

Кількість фанкойлів становить 400 штук (див. таблицю 5.1).

г) пусканалагоджувальні роботи.

При налазці передбачити такі роботи:

- усунення будівельних конструкцій та обладнання;

- оснащення всіх ланцюгів систем тепlopостачання необхідними контрольно – вимірювальними приладами у відповідності з вимогами нормативних документів.

Об'єм пусконаладжувальних робіт становить 1423 м (див. таблицю 5.1).

Випробовування трубопроводів виконати в такій послідовності:

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

Об'єм робіт при випробовуванні трубопроводів становить 1423м (див.табл. 5.1).

Випробування системи опалення перед здачею в експлуатацію.

При гідравлічному випробовуванні системи опалення виконати такі роботи:

- приєднання гідравлічного пресу і водопроводу;
- встановлення манометра і повітряного крану;
- наповнення системи водою і створення заданого тиску з випуском повітрям;
- огляд системи з відміткою виявлених дефектів;
- усунення дефектів;
- повторне наповнення системи водою і створення заданого тиску з випуском повітря;
- кінцева перевірка і здача системи опалення;
- спуск води, зняття манометра і від'єднання преса і водопроводу.

5.3.2 Визначення складу робіт

Монтаж обладнання системи опалення провести в такій послідовності:

- доставка деталей до місця монтажу та їх складування;
- розмітка місця прокладання трубопроводів;
- прокладання поліпропіленових трубопроводів зі зварюванням стиків;
- встановлення фанкойлів;
- встановлення запірної – регулюючої арматури;
- встановлення повітрозбірників;
- пусканалагоджувальні роботи;
- випробування трубопроводів;
- вивезення допоміжного обладнання.

5.4 Витрата матеріалів та допоміжного обладнання при монтажі системи опалення

5.4.1 Витрата матеріалів

Перелік матеріалів та обладнання для влаштування систем опалення наведений у відомості в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Відомість матеріалів та обладнання

Найменування матеріалу або інструменту	Тип, марка	Од. виміру	Кількість
1	2	3	4
матеріали та обладнання для системи опалення			

Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 15$ мм	Wefatherm PN 20 [14]	м	568
Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 20$ мм	Wefatherm PN 20	м	427
Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 25$ мм	Wefatherm PN 20	м	114,5

Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 32$ мм	Wefatherm PN 20	м	58,7
Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 40$ мм	Wefatherm PN 20	м	73
Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 50$ мм	Wefatherm PN 20	м	100,5
Труби сталеві водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 100$ мм	ГОСТ 380-94	м	82
Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø20мм	Wefatherm PCS-20	шт.	340
Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø25мм	Wefatherm PCS-25	шт.	78
Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø32мм	Wefatherm PCS-32	шт.	40

Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø40мм	Wefatherm PCS-40	шт.	46
Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø50мм	Wefatherm PCS-50	шт.	82

Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø100мм	Wefatherm PCS-50	шт.	58
Фанкойл опалювальний настінний Carrier	Carrier 42N A3[9]	шт.	336
Фанкойл опалювальний настінний Carrier	Carrier 42GW A3[9]	шт.	28
Кран прохідний кульковий Wefatherm до $d_y = 15$ мм	Wefatherm[14] RDS-A-15	шт.	456
Кран прохідний кульковий Wefatherm до $d_y = 20$ мм	Wefatherm RDS-A-20	шт.	112
Кран прохідний кульковий Wefatherm до $d_y = 25$ мм	Wefatherm RDS-A-25	шт.	16
Дриль Фіолент	МСУ 9-16-2РЭ[13]	шт.	3
Паяльник для з'єднання поліпропіленових труб INSTRUM	ППТ 1200 [11]	шт.	3
Апарат електродугового зварювання інверторний	Фіолент РЗ 920	шт.	1
Швелер з паралельними гранями полиць 8П	ДСТУ3436-96	м.	26
Болти з гайками	M6×20, M8×25	кг	134

	ГОСТ 24379.1-80		
$\Sigma m = 8588$ кг			

5.4.2 Витрата допоміжних матеріалів та інструментів

Набір інструментів для монтажників системи опалення наведений в таблиці 5.2 [30].

Таблиця 5.2 – Набір інструментів для монтажників системи опалення

Найменування	ГОСТ, марка	Кількість	Маса кг
Ключ гайковий двухсторонній		4	1.2
M12-17-19 мм M16-22-21 мм	ГОСТ2839-80	4	1.4
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	4	1.2
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	4	4
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	4	1.6
Стрічка вимірювальна, 20 м		4	1.4
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	3	1,5
Висок	ГОСТ 7948-80	3	0.3
Ящик переносний для інструменту		4	24

$\Sigma m=36.8$ кг

Витрата допоміжних матеріалів на монтаж трубопроводів системи опалення наведена в таблиці 5.3 [14].

Таблиця 5.3 – Витрата допоміжних матеріалів на монтаж трубопроводів системи опалення

Допоміжні матеріали	Одиниці виміру	Витрата матеріалів при d трубопроводів, мм					
		20	25	32	40	50	63
Вапно	т	$5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$6,6 \cdot 10^{-6}$	5,8*	1,2*	4,9*

					*10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	*10 ⁻⁵
Муфта	10 шт	26,2	0,7	0,53	0,49	0,64	1,3
Перехідник	10 шт	2,02	0,104	0,132	0,146	0,152	0,328
Трійник прямий	10 шт	11,6	0,6	0,56	0,52	0,34	0,41
Коліно пряме	10 шт	4,07	0,208	0,264	0,275	0,246	0,48
Дюбелі	кг	10,5	0,37	0,41	0,43	0,38	1,46
Кронштейн	кг	5,07	0,39	0,31	0,29	0,38	2,89

$\Sigma m=326$ кг

5.5 Вибір типів машин, механізмів, пристосувань.

Труби, деталі, конструкції та обладнання для систем опалення завозяться централізовано автомашиною КрАЗ 255Б. Технічні характеристики автомашини КрАЗ 255Б наведені в таблиці 5.4 [15].

Таблиця 5.4- Технічні характеристики автомашини КрАЗ 255Б

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Вантажопідйомність	кг	10000
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	2200
Маса	кг	5650
Найбільша швидкість	км/год	110
Радіус повороту	м	8,5
Колія колес:		
передні	мм	2000
задні	мм	2100
Витрата палива	л/100 км	18
Габаритні розміри:		
довжина	мм	7600

ширина	мм	2100
висота	мм	3100

Для випробовування трубопроводів на міцність та щільність використовується прес гідравлічний REMS Push [16]. Його технічні характеристики наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Технічні характеристики гідравлічного пресу REMS Push

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

Для контактного зварювання поліпропіленових труб використовують паяльник INSTRUM ППТ 1200 [17]. Його технічні характеристики наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Технічні характеристики паяльника INSTRUM ППТ 1200

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Потужність	Вт	1200
Частота струму	Гц	50
Робоча температура	°С	300
Маса	кг	2,9

Для зварювання сталевих труб використовують інверторний апарат ручного електродугового зварювання Фіолент РЗ 930 [17]. Його технічні характеристики наведені в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Технічні характеристики зварювального апарата Фіолент РЗ 930

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Потужність	Вт	900

Напруга	В	220
Частота струму	Гц	50
Маса	кг	4,6

5.5.1 Витрата електроенергії та пального

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою:

$$E = P \times \tau \times k, \quad (5.1)$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;

τ – час роботи приладу, год;

k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання [35].

Витрата електроенергії на роботу дреля ФІОЛЕНТ МСУ 9-16-2РЕ. Приймається $P = 1,2$ кВт, $\tau = 200$ год, $k = 0,13$ [18].

$$E_1 = 1.2 \times 200 \times 0,13 = 31.2 \text{ (кВт год)}. \quad (6.2)$$

Витрата електроенергії паяльником для з'єднання поліпропіленових труб INSTRUM ППТ 1200 визначається за формулою [18]

$$E_2 = v \times n \times k = 1,2 \times 200 \times 0.15 = 36 \text{ (кВт год)}, \quad (6.3)$$

V – витрата електроенергії паяльником, кВт ($V = 1,2$ кВт);

n – час роботи приладу, год ($n = 200$ год).

Загальна витрата електроенергії становить

$$E_{\text{заг}} = (E_1 + E_2) \times n = (31.2 + 36) \times 3 = 201.6 \text{ (кВт год)}. \quad (6.4)$$

n – кількість інструментів, шт ($n = 3$).

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів:

- відстань 20 км;
- кількість ходок $n=2$;
- витрата пального $Q = 18$ л/100км.

Необхідна кількість пального для доставки труб визначається за формулою:

$$Q = Q \times 2 \times n \times l = 0,18 \times 2 \times 2 \times 20 = 14.4 \text{ (л)}. \quad (6.5)$$

5.5.2 Витрати утеплювача на теплоізоляцію трубопроводів

Теплоізоляцію (ГОСТ 9573-94) на даному об'єкті застосувати на розвідних магістралях технічного поверху та на вертикальних стояках. Теплопроводи всіх діаметрів попередньо ізолювати тепловою ізоляцією з вспіненого полістеролу, Ізоляцію змонтувати у відповідності до інструкції по тепловій ізоляції труб.

Витрата ізоляції із вспіненого полістеролу теплопроводів складає [20]:

Ø20 мм – 568м;

Ø25 мм – 427 м;

Ø32 мм – 114,5 м;

Ø40 мм – 73 м;

Ø50 мм – 100,5 м;

Ø63 мм – 82 м.

5.6 Визначення трудомісткості монтажних робіт та складання календарного плану виконання робіт

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою:

$$Q = \frac{V \times H_q}{B} \text{ (люд}\cdot\text{днів)} \quad (6.6)$$

де : V – об’єм робіт;

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

B – кількість годин в зміні, год.

Норма часу приймається згідно [29], [31].

Тривалість монтажних робіт визначається за формулою

$$T = \frac{Q}{n} \text{ (днів)}. \quad (6.7)$$

де: Q – трудомісткість монтажних робіт, люд/днів;

n – кількість робітників, люд.

Результати розрахунку наведені в таблиці 6.8.

Таблиця 5.8 – Трудомісткість і тривалість виконання монтажних робіт систем опалення [21]

Найменування робіт	Од. виміру	Об’єм робіт	Норма часу, люд·год.	Трудомісткість, люд·дні	Виконавці		Тривалість, дні
					кількість	склад ланки	
1	2	3	4	5	6	7	8
система опалення							
Транспортування та складування матеріалів і виробів	т	8,95	3	26,9	2	робітники 3р. -1 2р. -1	1
Прокладання поліпропіленових трубопроводів D_y до 50 мм.	100м.	1	200	200	3	сл.-сантех. 4 р.-1, 3р.-2	2,75
Прокладання поліпропіленових трубопроводів D_y до 63 мм.	100м.	0,82	200	164	3	сл.-сантех. 4 р.-1, 3р.-2	2,25

Встановлення фанкойлів	100 кВт.	3,37	142,6	480	3	монтажн 4р.-1, 3р.-1	10
Встановлення розширювального баку	шт.	1	18,04	18,04	2	монтажн 4р.-1, 3р.-1	0,5
Встановлення кранів кулькових D _y до 15мм.	шт.	456	0,42	191,5	3	мон-ки 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1	2,75
Встановлення кранів кулькових D _y до 20мм.	шт.	112	0,5	56	3	мон-ки 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1	0,75
Встановлення кранів кулькових D _y до 25мм.	шт.	16	1,7	27,2	3	мон-ки 5р, 4р, 3р.-1	0,5
Перше гідравлічне випробування окремих частин	100 м.	14,23	5,3	75,4	3	4р.-1 3р.-2, 2р.-2	1,5
Робоча перевірка системи в цілому	100 м.	14,23	0,92	13,1	3	6р.-1, 5р.-1, 3р.-2,4р	0,25
Розмітка місць прокладання трубопроводів	100 м	14,23	1,2	17	3	монтажн. 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1	0,25
Прокладання поліпропіленових трубопроводів D _y до 20 мм.	100м.	4,28	269	1263	3	сл.-сантех. 4 р.-1, 3р.-2	17,5
Прокладання поліпропіленових трубопроводів D _y до 25 мм.	100м.	1,14	211,56	271	3	сл.-сантех. 4 р.-1, 3р.-2	3,25
Прокладання поліпропіленових трубопроводів D _y до 32 мм.	100м.	0,587	172,2	101	3	сл.-сантех. 4 р.-1, 3р.-2	1,25

Прокладання поліпропіленових трубопроводів D_y до 40 мм.	100м.	0,73	229,6	167,6	3	сл.-сантех. 4 р.-1, 3р.-2	2,25
--	-------	------	-------	-------	---	---------------------------------	------

На основі визначеної трудомісткості та тривалості монтажних робіт, складений календарний план виконання робіт (див. аркуш 10).

5.7. Техніко-економічні показники

Розрахунок техніко-економічних показників виконати в такій послідовності:

Визначити середню кількість працюючих за формулою:

$$R_c = \frac{Q_{заг}}{T_{заг}} \text{ (люди)}, \quad (5.8)$$

де $Q_{заг}$ – загальна трудомісткість, люди·днів;

$T_{заг}$ – загальна тривалість будівництва, днів.

Середня кількість працюючих при монтажі системи опалення становить:

$$R_c = \frac{398.12}{28} = 12 \text{ (люди)}$$

Коефіцієнт нерівномірності використання людей визначити за формулою:

$$\alpha_1 = \frac{R_c}{R_{max}}, \quad (5.9)$$

де R_{max} – максимальна кількість працюючих, люди (див. аркуш 10).

Тоді коефіцієнт нерівномірності використання людей в системі опалення становить:

$$\alpha_1 = \frac{12}{18} = 0.67$$

Коефіцієнт нерівності по трудовитратах визначити за формулою:

$$\alpha_2 = \frac{Q_{над}}{Q_{заг}}, \quad (5.10)$$

Тоді коефіцієнт нерівності по трудовитратах в системі опалення становить:

$$\alpha_2 = \frac{85.05}{384.2} = 0.22$$

Коефіцієнт нерівномірності по тривалості виконання робіт визначити за формулою

$$\alpha_3 = \frac{T_{вст}}{T_{заг}}, \quad (5.11)$$

де $T_{вст}$ – тривалість виконання робіт при $R \geq R_{max}$, (див. аркуш)

Отже, коефіцієнт нерівномірності по тривалості виконання робіт:

в системі опалення становить

$$\alpha_3 = \frac{11.8}{32} = 0.37 \quad (5.12)$$

Загальна тривалість монтажу становить 32 дні, середня кількість працюючих – 12 осіб.

5.8. Послідовність технологічних операцій при виконанні монтажних робіт

5.8.1 Монтаж теплового насосу

Генератором тепла системи опалення служить тепловий насос AQUACIAT2 ILDH 500V. Монтаж теплового насосу здійснюється висококваліфікованим персоналом з обов'язковим дотриманням всіх необхідних правил техніки безпеки. Встановлення блоків відбувається при монтажі каркасу будівлі за допомогою баштового крану. Перед початком монтажних робіт ретельно перевіряється опорний майданчик на предмет міцності і здатності витримати навантаження блоку чиллера. Опорний майданчик виконаний з швелера 8П ДСТУ3436-96.

Монтаж теплового насосу виконати в наступні послідовності:

- а) змонтувати опорний майданчик;
- б) встановити блок чиллера за допомогою баштового крану і закріпити його;
- в) здійснити електричне підключення згідно електричної схеми і ПУЕ;
- г) здійснити підключення трубопроводів і провести гідравлічне випробування з'єднань.

5.8.2 Монтаж опалювальних приладів

В даній системі опалення використовуємо фанкойли фірми “Carrier” [19].

Опалювальні прилади встановити після оштукатурення місць для їх встановлення, при наявності чистої підлоги або її відмітки. Опалювальні прилади "

Carrier " встановити на відстані не менше 70 мм від підлоги та 100 мм від поверхні штукатурки стіни [21].

Монтаж опалювальних приладів виконати в такій послідовності:

- а) розмітити місця кріплення приладу;
- б) просвердлити в стіні 4 отвори для елементів кріплення;
- в) встановити фанкойл;
- г) під'єднати підвідні і зворотні трубопроводи;

5.8.3 Монтаж магістральних трубопроводів

В даній системі опалення магістральні трубопроводи розташувати на технічному поверсі. При їх прокладанні мінімальний уклон становить 0,002 [19]. Уклони трубопроводів спрямувати в сторону руху теплоносія. Відгалуження від магістральних трубопроводів до стояків виконати під прямим кутом. На відгалуженнях від магістральних трубопроводів до стояків встановити повітровипускні пристрої. В найнижчих точках стояків встановити зливні пристрої. Магістральні трубопроводи виконані з поліпропілену і з'єднуються за допомогою контактного зварювання.

На технічному поверху магістральні трубопроводи встановити на опори, за допомогою яких труби переміщуються при дії температурних видовжень [19]. Магістральні трубопроводи, які проходять через будівельні конструкції прокласти в гільзах. Під головні стояки системи опалення встановити нерухомі опори.

Монтаж магістральних трубопроводів виконати в такій послідовності:

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

5.8.4 Монтаж стояків і підводок

Дана система опалення складається з 4 груп стояків, які розташовані в коридорі(Ст 1, Ст 3), та кухнях(Ст2, Ст 4) (див. аркуш 6) і закриті декоративними коробами . Перед початком монтажу всі труби оглянути і звільнити від сміття, коли це необхідно. Головні стояки прокласти строго вертикально і закріпити знизу на надійних опорах. Змонтувати стояки за контактного зварювання. Стояки в місцях перетину з внутрішніми стінами та перегородками прокласти в гільзах.

Внутрішньоквартирну розводку виконати в підлогових каналах. На кожному відгалуженні від магістрального трубопроводу передбачити муфтове з'єднання. Підведення до опалювальних приладів прокласти з уклоном 10 мм на всю довжину підводки [19].

Монтаж стояків виконати в такій послідовності [19]:

- а) розмітити місця встановлення поверхостояків;
- б) встановити та вивірити фанкойли;
- в) з'єднання стояків між поверхами контактним зварюванням;
- г) установити та вивірити вузли підводок з приєднаними до них згонами;
- д) з'єднання підводок герметизуючи ми матеріалами;
- е) після збирання стояка і підводів перевірити вертикальність стояка, нахили підводів, міцність закріплення труб і радіаторів.

5.9 Пуск в дію та випробування системи опалення

Після закінчення монтажу системи опалення та іншого обладнання, виконати випробування системи опалення.

На всі виявлені при перевірці дефекти скласти відомість, що передається генпідрядчику. Дефекти усунути до початку передпускових випробувань.

Пускові експлуатаційні випробування виконати в наступній послідовності [19]:

- зовнішній огляд системи;
- випробування гідростатичним або манометричним методом;
- гідравлічне випробування та випробування на тепловий ефект;

- випробування на максимальну температуру теплоносія.

В процесі зовнішнього огляду системи визначити відповідність виконаних монтажних робіт проекту та технічним умовам. При цьому особливу увагу звернути на:

- а) правильність прокладання трубопроводів (перевіряють діаметри, нахили та з'єднання);
- б) встановлення потрібної площі нагріву опалювальних приладів;
- в) розміщення водо- та повітропускних пристроїв, відсутність течі в трубних з'єднаннях, арматурі та фасонних частинах;
- г) міцність кріплення трубопроводів та приладів;
- д) правильність встановлення та справність дії запірної - регулюючої арматури, запобіжних пристроїв та контрольно – вимірювальних приладів (КВП);
- е) рівномірність прогріву всіх приборів в будівлі.

Наступним етапом є промивання системи опалення, щоб видалити бруд і шлам. Систему наповнити водою з водопроводу (при місцевому теплопостачанні), а потім швидко випустити в каналізацію через спеціальний штуцер у нижній частині системи за допомогою гнучкого трубопроводу [19].

Під час наповнення системи водою повітря не менше як два рази випустити через повітрозбірники або повітряні крани до появи з них струменя води. Під час пуску системи опалення основним завданням є запуснути в дію

якомога більше приладів і прогріти більше приміщень. Тому всі дрібні дефекти (течі, свищі та тріщини в трубах) усунути за допомогою простих тимчасових заходів: обмотати ізоляційною стрічкою, встановити хомути з гумовими прокладками.

Після зовнішнього огляду до початку малярних робіт або інших облицювальних робіт систему опалення випробувати на міцність і герметичність. Для точнішого виявлення дефектів місць кожну систему випробувати окремими ланками, а потім всю в цілому.

Щоб виявити дефекти, спричинені температурними подовженнями, перед початком випробувань систему заповнити водою, прогріти до розрахункової температури протягом доби, потім охолодити. Після цього відключити систему від

трубопроводів й заповнити водопровідною водою через зворотну магістраль системи опалення. Випробувальний тиск в системі створити за рахунок тиску в місцевому водопроводі.

Гідравлічне випробування визначає щільність механічної міцності трубопроводів, арматури та обладнання. Випробувати систему водяного опалення таким чином: відключити джерело теплоносія (котел і розширювальний бак) гідростатичним методом - тиском, що в 1,25 рази перевищує робочий тиск, але не менший за 0,2 МПа в нижній точці системи. Значення випробувального тиску для обладнання системи – 0,3МПа.

Гідравлічне випробування системи опалення виконати в такій послідовності: систему заповнити повітрям з надлишковим тиском 0,15 МПа [19]; виявити дефекти монтажу на слух і знизити тиск до атмосферного, після цього ліквідувати дефекти; потім систему заповнити повітрям з надлишковим тиском 0,1 МПа і витримати протягом 5 хв [19].

Система опалення витримала випробування, якщо протягом 5 хвилин падіння тиску не перевищує 0,02 МПа, а в зварних швах, трубах, корпусах арматури не виявлено течі [19].

У разі виявлення витікання в процесі випробування системи опалення, систему спорожнити і усунути дефекти, а потім гідравлічне випробування повторити. Після гідравлічних випробувань водопровідну воду, що є в системі опалення, злити в каналізацію.

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

Після гідравлічного випробування скласти акт про гідравлічне випробування системи опалення (див. додаток К).

Останнім етапом приймання системи опалення є її теплове випробування. Систему опалення запустити в роботу і прогріти протягом 24 годин, після чого провести її теплове обстеження шляхом зовнішнього огляду. В разі потреби використати

спеціальні прилади (електронні термощупи тощо). В результаті огляду виявити і регулювати рівномірність прогріву всіх опалювальних приладів; перевірити розрахункові параметри теплоносія і температури внутрішнього повітря в приміщеннях; проконтролювати безшумність роботи системи й відсутність витікання в з'єднаннях.

Акт прийняття системи опалення наведений в додатку (Л).

Здаючи систему опалення в експлуатацію, подати комплект виконавчої документації (робочі креслення з внесеними змінами), всі акти приймання прихованих робіт, паспорти обладнання, акти гідравлічного і теплового випробувань системи. Схема гідравлічного випробування ділянки системи опалення наведена на рис.5.1

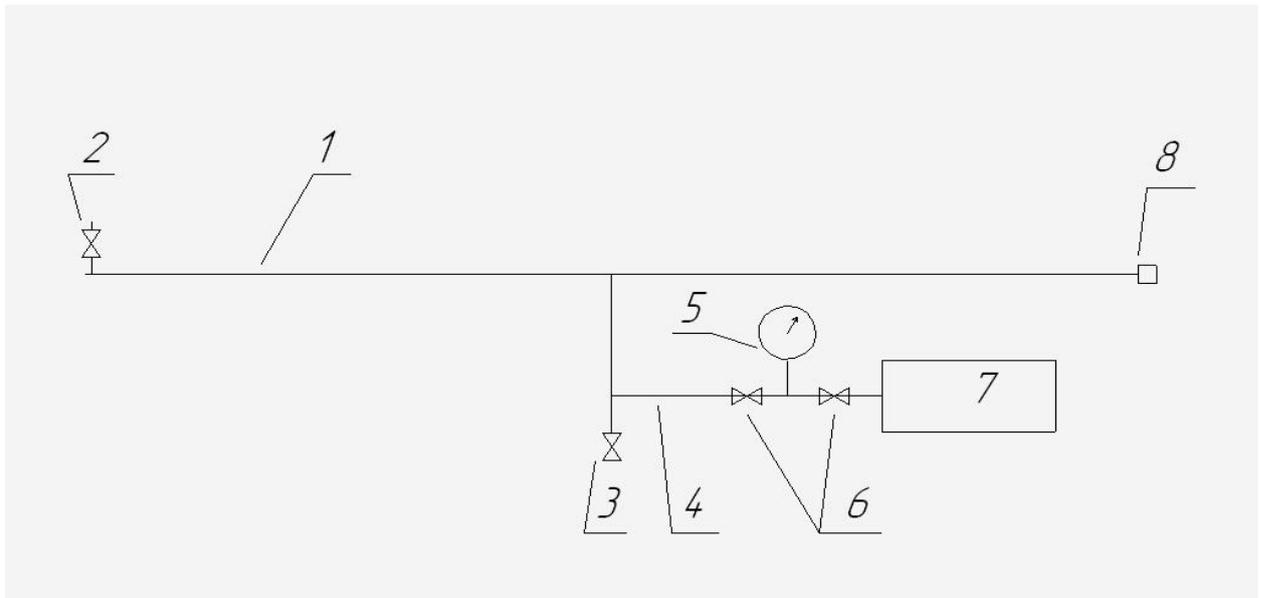


Рис.5.1- Схема гідравлічного випробування ділянки системи

- 1- ділянка що випробовується;
- 2- повітровипускний пристрій(Danffos RL NJ);
- 3- арматура для зливу води(Danffos RA 20);
- 4- під'єднувальний трубопровід;
- 5- манометр МКТ 105;
- 6- запірні вентиля (Danffos RA 20);
- 7- опресовочний пристрій (REMS Pusch);
- 8- заглушка.

5.10 Техніка безпеки

Створення безпечних умов праці є основною і найважливішою задачею будь-якого виробництва. За правильну організацію і стан техніки безпеки несе відповідальність керівництво підприємства, а всі поточні питання вирішуються відділами техніки безпеки або інженерами по техніці безпеки.

Дотримання Правил техніки безпеки на підприємствах контролюється Управлінням Держпраці у Одеській області, інспектором ЦК профспілок робітників даної галузі промисловості, Державною санітарною інспекцією і Державною інспекцією пожежної охорони.

Крім загальних положень необхідно враховувати деякі спеціальні правила по техніці безпеки при зварюванні металів і санітарних умов. Відповідно до трудового законодавства до зварювальних робіт допускаються особи не молодше 18 років; зварники мають додаткову відпустку тривалістю до 12 робочих днів; при роботі всередині посудин робочий день зварювальника обмежений до шести годин.

Кожен зварювальник повинен у досконалості знати правила техніки безпеки, проходити інструктаж перед допуском до роботи, здавати відповідні іспити.

При виконанні зварювальних робіт можуть відбуватися нещасні випадки по наступних причинах: поразка електричним струмом, шкідливий вплив світлового випромінювання електричної дуги, опіки від бризів розплавленого металу і шлаку, забруднення повітря продуктами горіння зварювальної дуги, вибухи судин і вибухонебезпечних речовин, недотримання протипожежних правил.

Електричний струм уражає нервову систему людини або викликає опіки. Ступінь враження залежить від сили струму, його напруги й опору тіла людини. Величина струму до 0,002 А не представляє небезпеки, струм від 0,002 до 0,05 А небезпечний, може викликати болючі відчуття, сприяє різкому скороченню м'язів, а вище 0,05 А може привести до смертельного результату.

Промені електричної дуги шкідливо впливають на зварювальників і людей, які знаходяться поруч з ними. За своїми властивостями вони поділяються на видимі і невидимі.

До видимих відносять світлові промені електричної дуги, які осліплюють діють на очі. При довготривалому опроміненні послаблюють зір.

До невидимих відносять ультрафіолетові і інфрачервоні промені, які викликають запалення очей і опіки шкіри.

Ультрафіолетові промені шкідливо діють на сітчатку і рогівку очей. Якщо на протязі декількох хвилин дивитись на світло дуги без захисних засобів, то через деякий час проявляється світлобоязкість, слезоточивість і сильні болі в очах. Складається враження, що очі забруднені піском. Невеликі запалення очей проходять через кілька годин. Інфрачервоні промені при тривалій дії викликають захворювання очей, сприяють загальній втраті зору (катаракта кришталика).

Крім опіків від електричної дуги (ультрафіолетовими променями) при зварюванні можуть бути опіки від бризг розплавленого металу і шлаку.

Для попередження опіків зварникові необхідно:

- мати спецодяг із брезенту або щільного сукна;
- не заправляти куртку в штани, а штани в чоботи, не робити на спецодязі відкриті кишені;
- прикривати голову беретом або будь-яким головним убором без козирка.
- працювати в рукавицях;
- забезпечувати мінімальне розбризкування металу шляхом відповідного підбору режимів зварювання;
- зачищати шви після повного остигання шлаку, оглядати шви після зварювання і зачищати їх тільки в окулярах із простим склом;
- при зварюванні вертикальних і стельових швів надягати азбестові нарукавники і щільно перев'язувати їх поверх рукавів.

Забороняється працювати ручними машинами (ручними дрелями, КШМ) з приставних сходиць, тому що при цьому виникають додаткові навантаження, що можуть призвести до падіння робітника зі сходиць. При роботах на малій висоті варто використовувати спеціальні сходи - підмости, що мають стійку площадку з огороженням.

Щоб уникнути обривів під час роботи ручними машинами, їх кабелі та рукав не можна натягати або перегинати; неприпустимо перетинати їх сталевими канатами, електрокабелями або електрозварювальними дротами, що перебувають під напругою, а також рукавами для подачі кисню, ацетилену та інших газів.

При перервах у роботі або перенесенні на інше місце ручні машини необхідно відключати.

Всі електричні машини підлягають перевірці на відсутність замикання на корпус, оголених струмоведучих частин, на цілісність проводу, що заземлює, справність ізоляції проводів, що живлять. Перевірку проводять не рідше одного разу на три місяця. Справність ізоляції перевіряють шляхом виміру П струму мегометром з обов'язковою реєстрацією в спеціальному журналі. Машини, що мають дефекти, видавати для роботи забороняється.

При виконанні висотних монтажних робіт (монтаж касетних фанкойлів) слід використовувати драбини. Забороняється використовувати для цих цілей підручні матеріали. При виконанні таких робіт монтажники повинні використовувати монтажні пояси і страхування.

5.11 Висновки до розділу 5

В даній магістерській кваліфікаційній роботі визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи опалення, потребу в допоміжних матеріалах, підібрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт, складений календарний план виконання робіт, в якому визначено склад ланок та розряд робітників (див. аркуш 10).

Виконаний розрахунок техніко-економічних показників, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт 384 люд-днів та тривалість виконання монтажних робіт – 32дні.

6 ЗАХОДИ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ

6.1 Принципова дія системи, що прийнята до експлуатації.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі передбачається розроблення заходів з експлуатації та налагодження енергоефективної системи опалення житлового будинку в м. Ізмаїл. В будинку проєктується автономне опалення за допомогою теплового насосу. Теплоносій–вода з параметрами 40-30 °С.

Конструкція зовнішніх стін: кладка з газоблоків на цементно-піщаному розчині товщиною 370мм з внутрішньою штукатуркою – 10мм, зовнішньою штукатуркою – 10 мм, утеплювачем – 50мм.

Внутрішні системи водяного опалення виконані двотрубними металополімерні трубами $d_y = 20\text{мм}$, $d_y = 25\text{мм}$, марки Wefatherm PN 20 в конструкції під підлогою з горизонтальною розводкою. Система опалення будівлі складається з [18]:

1. Нагрівальних приладів:

- для опалення готельного комплексу використовуються фанкойли «Carrier» типу 42 N з краном для випуску повітря;
- для опалення торгового комплексу використовуються касетні фанкойли «Carrier» типу 42 GW.

2. Мережі металополімерних трубопроводів $d_y = 20\text{мм}$, $d_y = 25\text{мм}$, марки Wefatherm PN 20;
3. Запірно-регулюючої та контрольно-вимірювальної арматури;
4. Генератора тепла– модуль з трьох геотермальних теплових насосів марки AQUACIAT 2 ILDH 500V.

6.2 Визначення умов експлуатації

За результатами аналізу розробляється план попереджувальних ремонтів. Роботи по текучому ремонту проводять протягом всього опалювального сезону і виконуються слюсарями – ремонтниками протягом експлуатації. Капітальний ремонт призначений для повного відновлення зношених елементів реконструкції системи з використанням більш економічного і сучасного обладнання. Ремонт проводять в літній період. Але відсоток заміни не повинен перевищувати встановлені норми річних витрат матеріалів на ремонт. Інша частина матеріалів повинна використовуватись повторно до закінчення встановлених термінів експлуатації.

Підготовка до ремонту має вирішальне значення для швидкого відновлення і здачі в експлуатацію. Підготовка полягає в розробці графіків ремонтів, поставки матеріалів і запасних частин, розміщення ремонтного персоналу і у складанні кошторису витрат.

Спосіб сіткового планування найбільш повно показує весь комплекс підготовчих ремонтних операцій і технологію виконання робіт.

Ремонт рекомендується проводити агрегатно-вузловим способом, для чого необхідно завчасно заготовити вузли із нових або вузлів, які пройшли ремонт. Поточний спосіб швидкісного вузлового ремонту значно зменшує час простою і дозволяє забезпечити швидшу здачу в експлуатацію.

Гідропневматичне промивання системи опалення

Обов'язковим елементом текучого ремонту системи опалення є щорічне гідропневматичне промивання системи. Вона виконується в три етапи: продувка стисненим повітрям кожного стояка знизу вгору для розпушування наявних осадів, гідропневматичне промивання кожного стояку, гідропневматичне промивання магістральних трубопроводів.

Розрахунок режиму промивання:

1. Задаємось швидкістю руху води в трубопроводі $V = 2.0$ м/с, при $m=2$. Діаметр трубопроводу $d=25$ мм. Тоді витрата води складає:

$$G = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot V \cdot 3600, \quad (7.1)$$

$$G = \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} \cdot 2,0 \cdot 3600 = 3,53 \text{ (м}^3\text{/ГОД)}.$$

2. Визначаємо втрати тиску на ділянці, яка промивається при проходженні водоповітряної суміші.

$$\Delta P_{\text{сум}} = 10^{-5} \cdot h_{\text{сум}} \cdot l_{\text{пр}} \cdot \beta, \quad (7.2)$$

де $h_{\text{сум}}$ – питомі втрати тиску повітряної суміші, визначаються за номограмою;

$l_{\text{пр}}$ – приведена довжина ділянки, яка промивається;

β – поправочний коефіцієнт до питомих втрат, який залежить від фактичної шорсткості труб ділянки, що промивається.

$$\Delta P_{\text{від}} = 10^{-5} \cdot 360 \cdot 54 \cdot 1,25 = 0,23 \text{ (МПа)}.$$

3. Визначаємо втрати тиску в дренажному відводі за формулою:

$$\Delta P_{\text{др}} = 4,14 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta h \cdot l_{\text{пр}}^{\text{др}}, \quad (7.3)$$

де Δh – питомі втрати тиску в дренажному в дренажному відводі;

$l_{\text{пр}}^{\text{др}}$ – приведена довжина дренажного відводу, м.

$$\Delta P_{\text{від}} = 4,14 \cdot 10^{-5} \cdot 160 \cdot 20 = 0,151 \text{ (МПа)}.$$

4. Потрібний тиск в кінці ділянки яка промивається, визначається за формулою:

$$P_2 = 0,05 + \Delta P_{\text{др}}, \quad (7.4)$$

$$P_2 = 0,05 + 0,151 = 0,201 \text{ (МПа)}.$$

5. Визначаємо потрібний тиск водоповітряної суміші на початку ділянки.

$$P_{1\text{см}} = P_2 + \Delta P_{\text{см}} + \frac{z}{100}, \quad (7.5)$$

де z – різниця позначок осі трубопроводу в точках вводу та викиду води біля ділянки, яка промивається, м, ($z=1,2\text{м}$).

$$P_{1\text{см}} = 0,201 + 0,26 + \frac{1,2}{100} = 0,478 \text{ (МПа)}.$$

6. Визначаємо абсолютний тиск водоповітряної суміші.

$$P_{\text{абс}} = P_{1\text{см}} + 0,1, \quad (7.6)$$

$$P_{\text{абс}} = 0,478 + 0,1 = 0,578 \text{ (МПа)}.$$

7. Визначаємо хвилинну витрату стисненого повітря

$$L_{\text{комп}} = \frac{m \cdot G}{60}, \quad (7.7)$$

$$L_{\text{еііі}} = \frac{2 \cdot 3,53}{60} = 0,11 \text{ (м}^3\text{/ГОД)}.$$

Для промивання використовуємо поршневий компресор О-24.

Таблиця 6.1- Технічні характеристики компресора О-24.

Тип компресора	Продуктивність, м ³ /хв	Кінцевий тиск,	Діаметр циліндрів, мм		Хід поршня, мм	Число обертів, с	Двигун			Габарити, мм			Вага, кг	Охолодження	Число
			Низького тиску	Високого тиску			Тип	Потужність, кВт	Число обертів	Довжина	Ширина	Висота			
О-24	0,25	7	67,5	67,5	75	850	Ел	0,7	1440	1200	490	900	110	Пов.	3

Проведення гідропневматичного промивання розпочинають з найбільш віддаленого стояка, при цьому всі стояки заповнюють водою. Стиснене повітря необхідно подавати на ввіді в будівлю системи опалення, при цьому на даному стояку крани 4 та 5 мають бути відкритими, на всіх інших стояках крани 4 мають бути закритими. Видалення водоповітряної суміші здійснюється через кран 5 по дренажному трубопроводу до каналізації. Операцію необхідно проводити до тих пір поки не буде постійною різниця тисків на вході і на виході барботажу. Після закінчення промивання одного стояку необхідно перейти на інший стояк, при цьому кран 4 на першому стояку перекривається і відкривається на другому. В точці 5 під'єднується дренажний трубопровід і операція проводиться у тій же послідовності що і для першого стояка.

6.3 Технічні характеристики основного обладнання

Запроектвану систему опалення передбачено для забезпечення нормованих показників температур в житловій будівлі та підтримання їх незалежно від змін температури зовнішнього повітря.

Для всіх приміщень застосована горизонтальна двотрубна система опалення із металополімерними трубами марки Wefatherm PN 20. Вони являють собою багатошарову конструкцію. Внутрішня і зовнішня поверхні виготовлені з зшитого поліетилену, між якими прокладено (вклеєно) шар алюмінієвої фольги товщиною 0,5-2,0 мм. Матеріал

розрахований на інтервал температур 40-95 ° С. Прошарок металу підвищує міцність труби і виконує кілька функцій: тепловідбиваючу, антикорозійну (перешкоджає проникненню кисню повітря в систему опалення). Поліетилен забезпечує гладкість внутрішніх стінок, перешкоджає заростанню відкладеннями, знижує теплопровідність. Металополімерні труби легко ріжуться, гнуться, з'єднуються. Термін їх служби складає 50 років. Труби випускаються діаметром 16-63 мм в бухтах 50-200 м.

В даній системі опалення використовуються фанкойли Carrier тип 42 N, які були підібрані на основі теплотехнічного розрахунку. Фанкойли укомплектовані пристроєм випуску повітря (кран Маєвського), необхідною кількістю заглушок. Всі патрубки фанкойлів Carrier мають однаковий діаметр з внутрішнім різьбленням G 1/2. Висота фанкойла 560 мм, довжина в залежності від потужності приладу, яку підібрано згідно теплотехнічного розрахунку, загальна маса 26,5 кг/м, об'єм води складає 3,6 л/м.

Видалення повітря із системи виконується через повітрозбірники, встановлені в найвищих точках системи.

6.4 Пуск, випробування та налагодження робочих режимів системи та її елементів

Пускові випробування проводять після монтажу нових систем або капітального ремонту. Призначені вони для визначення придатності системи до експлуатації. В процесі експлуатації в трубах відкладається шлам. Допустима зміна різних характеристик системи періодично перевіряється експлуатаційними випробуваннями. Всі види випробування проводять по спеціальній програмі, яка враховує цілі дослідження.

Пуск систем тепlopостачання в експлуатацію проводить пускова бригада по програмі, складеній керівником комісії. В програмі міститься пускова схема з описом планів пуску і розстановкою працюючих. За основу пускової схеми приймається виконавча схема змонтованої системи опалення. В плані пуску вказується послідовність операцій, тривалість видержки тиску в різні періоди. Пуск системи складається із операцій наповнення, промивки, прогріву і випробування.

Пуск системи починається з наповнювання водою через зворотний трубопровід. Відповідно на зворотному трубопроводі перекриваються всі спускні крани й засувки на відгалуженнях. Після заповнення всієї ділянки здійснюється витримка, в межах 2-3 год., для кінцевого виведення повітря, що накопичилося. В теплий період року система наповнюється холодною водою. При температурі зовнішнього повітря нижче $+1^{\circ}\text{C}$ воду рекомендується нагрівати до 50°C .

Наступним етапом є гідравлічне промивання системи опалення для видалення бруду і шламу. При цьому наповнити система водою з водопроводу, а потім швидко випустити в каналізацію через спеціальний штуцер у нижній частині системи опалення за допомогою шланга. Під час наповнення системи водою повітря з системи випустити через повітровипускні крани до появи з них струменя води. Під час випробовування системи опалення основним завданням є запуснути в дію якомога більше приладів і прогріти більше приміщень. Тому всі дрібні дефекти (течії, свищі та тріщини в трубах) усунути за допомогою простих тимчасових заходів: обмотуванням ізоляційною стрічкою, встановленням хомутів з гумовими прокладками тощо, фіксуючи при цьому місця де течії припинені цим способом.

Після зовнішнього огляду до початку малярних, тепло ізолювальних та інших робіт система опалення випробувати на міцність і герметичність. Для очного виявлення місць з дефектами кожну систему випробувати окремими ланками, а потім всю в цілому.

Щоб виявити дефекти спричинені температурним подовженням, перед початком випробувань систему заповнюється водою, прогріти до розрахункової температури протягом доби, потім охолодити. Після цього відключити систему від трубопроводу.

Гідравлічне випробування визначає щільність механічної міцності трубопроводів, арматури та обладнання. Випробовувати систему водяного опалення гідростатичним методом – тиском, що в 1,25 рази перевищує робочий тиск ($P=0,75$ МПа), але не менше за $0,2$ МПа в нижній точці системи опалення.

Гідравлічне випробування системи опалення виконати в два етапи: 1-й етап на протязі 30 хв. двічі піднімати тиск до розрахункової величини через кожні 10 хв. Наступні

30 хв. Падіння тиску в системі не повинно перевищувати 0,06 МПа. 2-й етап – наступні 2 год падіння тиску (від досягнутого на 1-му етапі) не повинно бути більше ніж 0,02 МПа.

В результаті виявлення витікання в процесі випробування системи опалення, систему спорожнити і усунути дефекти, а потім гідравлічне випробування повторити. Після гідравлічного випробування водопровідну воду, що є в системі опалення, злити каналізацію.

Ефективність системи опалення визначити після її семигодинної безперервної роботи з теплоносієм в подавальному трубопроводі з температурою, не нижче 50° С і робочим тиском.

Після гідравлічного випробування скласти акт про гідравлічне випробування системи опалення, акт наведений у додатку .

Останнім етапом приймання системи опалення є її теплове випробування. Запущена в роботу система опалення має прогріватись протягом 24 год., після того провести її теплове обстеження шляхом зовнішнього огляду. В результаті огляду виявити рівномірність прогріву всіх опалювальних приладів; перевірити розрахункові температури теплоносія і температури внутрішнього повітря в приміщеннях, проконтролювати безшумність системи й відсутність витікання в з'єднаннях.

Завдання налагодження є забезпечення безперебійного приготування тепла при всіх режимах навантаження і встановити максимальну відповідність між виробленням тепла і його використанням. Договорене навантаження всіх ланок системи опалення досягається наладкою.

Налагодження може проводитись після монтування системи або ремонту діючих, така наладка називається пусковою. Під час експлуатації наладка використовується з метою покращення режимів споживання тепла.

Пускове налагодження потрібне для забезпечення розрахункового розподілення теплоносія і економічність роботи радіаторів. Досвід експлуатації показує, що розрахункова витрата тепла не завжди співпадає з дійсно необхідною.

Налагодження здійснюється за допомогою регулюючих приладів як в самому генераторі тепла, так і біля опалювальних приладів.

Налагоджувальні роботи виконують в три етапи:

- 1) діагностують та випробовують систему теплопостачання з розробленням заходів, які забезпечують ефективність її роботи;
- 2) реалізують розроблені заходи;
- 3) виконують регулювання системи.

Проведемо розрахунок для побудови графіку температури води в подавальному і зворотному трубопроводі системи опалення при індивідуальному якісному режимі регулювання. При цьому розрахункова температура зовнішнього повітря $t_{3,0} = -21^{\circ}\text{C}$ температура в подавальному трубопроводі системи опалення $\tau_{03} = 40^{\circ}\text{C}$, температура води у зворотному трубопроводі системи $\tau_{02} = 30^{\circ}\text{C}$, внутрішня і розрахункова температура в приміщеннях рівна $t_a = t_{a,\delta} = 20^{\circ}\text{C}$.

1 Визначаємо перепад температур води в опалювальній системі при розрахунковому режимі.

$$\Theta = \tau_{03} - \tau_{02} , \quad (7.8)$$

$$\Delta t_0 = 0,5(\tau_{03} - \tau_{02}) - t_{в.п} , \quad (7.9)$$

де τ_{03} і τ_{02} температура води в подаючому і зворотному трубопроводі системи опалення.

$t_{в.п}$ – внутрішня розрахункова температура приміщення

$$\Theta = 40 - 30 = 10(^{\circ}\text{C}).$$

$$\Delta t_0 = 0,5(40 + 30) - 20 = 15(^{\circ}\text{C}).$$

2 Температура води в подавальному трубопроводі системи опалення визначається за формулою:

$$\tau_{03} = t_{\text{в.п}} + \Delta t_0 \cdot Q_0^{0,8} + 0,5 \cdot \Theta \cdot Q_0, \quad (7.10)$$

де Q_0 – відносне теплове навантаження системи опалення.

$$\tau_{03} = 20 + 15 \cdot Q_0^{0,8} + 10 \cdot Q_0 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

3 Температура води у зворотньому трубопроводі системи опалення визначається за формулою:

$$\tau_0 = t_{\text{в.п}} + \Delta t_0 \cdot Q_0^{0,8} - 0,5 \cdot \Theta \cdot Q_0, \quad (7.11)$$

$$\tau_{02} = 20 + 15 \cdot Q_0^{0,8} - 10 \cdot Q_0 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

4 Приймаючи значення Q_0 в діапазоні (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0) визначаємо τ_{03} і τ_{02} за формулами (4.3) і (4.4), а також визначаємо температуру зовнішнього повітря за формулою:

$$t_3 = t_{\text{в.п}} - (t_{\text{в.п}} - t_{\text{з.п}}) \cdot Q_0, \quad (7.12)$$

$$t_3 = 21 - 42 \cdot Q_0 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 7.2

Таблиця 6.2- Розрахунок параметрів теплоносія

$Q_0, \%$	$t_3, \text{ }^\circ\text{C}$	$\tau_{02}, \text{ }^\circ\text{C}$	$\tau_{03}, \text{ }^\circ\text{C}$
0	21	21	21
20	12,6	24,3	22,3
40	4	28,2	24,4
60	-4,2	32,5	26,1

80	-6	38	28,2
100	-8	40	30

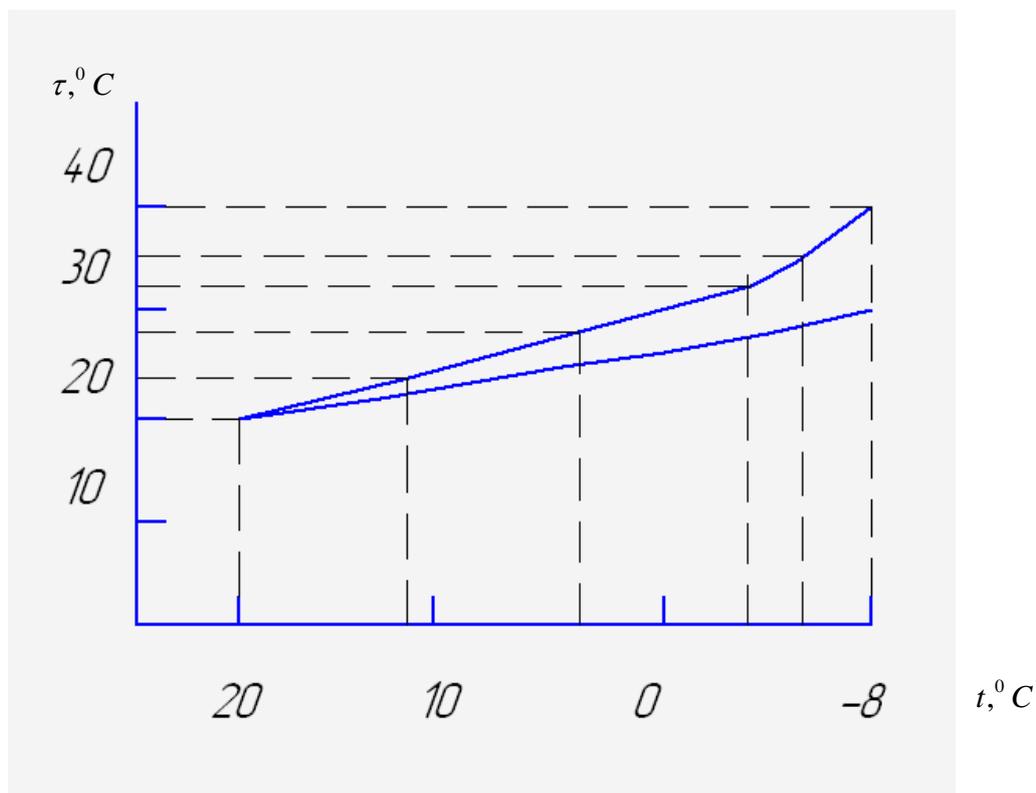


Рис. 6.1— Графік температури теплоносія в подаючому та зворотньому трубопроводі.

6.5 Технічне обслуговування системи

Систему опалення у багатофункціональному житловому комплексі обслуговує бригада слюсарів-ремонтників, склад якої не менше двох осіб на закріплених за ними квартирами.

В об'єм робіт по обслуговуванню системи входять:

- підтримання в справному стані всього обладнання, будівельних та інших конструкцій теплових мереж шляхом проведення своєчасного їх огляду й ремонту;

- спостереження за роботою арматури та інших елементів обладнання із своєчасним усуненням несправностей;
- своєчасне відновлення зруйнованої ізоляції;
- усунення гідравлічних витрат в мережі, які перебільшують нормативні, за рахунок регулярного промивання й очищення трубопроводів;
- прийняття заходів по попередженню, локалізації та ліквідації несправностей і аварій в мережі.

Обхід системи проводить один раз в місяць. Під час обходу виконують такі роботи: перевіряють затягнення болтів всіх фланцевих з'єднань, змазують штоки засувки, видаляють повітря з мережі.

6.6 Оцінка надійності та довговічності системи

Степінь надійності залежить від складності інженерної системи і від надійності кожного елемента, який складає дану систему. Розглянемо надійність даної системи опалення на прикладі індивідуальної системи опалення. Дана система складається з фанкойлів, металополімерних трубопроводів, болтиків, гайок, гумових прокладок тощо. Відповідна якість кожного елемента забезпечує можливість довготривалої роботи. Нині виробники пластмасових труб дають гарантію на 50 років. Тоді як металева труба служить в середньому 15-20 років, а в системах опалювання і того менше. Пластикові труби не схильні до корозії і не засмічуються осіданнями. Полімерні труби на порядок легше за металеві, а тому їх монтаж, вантаження і перевезення обійдуться набагато дешевше.

По теорії надійності, надійність всієї системи визначається як добуток відмови в роботі кожного елемента, що входить в систему. Тоді за формулою 4.13 надійність системи складає:

$$P = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot \dots \cdot p_{15} \quad (7.13)$$

де P – надійність всієї системи;

$p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot \dots \cdot p_{15}$ – надійність роботи кожного елемента системи.

$$D = 0,99^{20} = 0,82.$$

Тобто зі 100 випадків система матиме 18 відмов у роботі. В інженерній практиці існує багато методів підвищення надійності системи (локалізація, резервування), але абсолютної надійності, рівної одиниці досягнути неможливо.

Строк служби обладнання розрахований на 50 років. Даний період визначає надійний строк служби системи.

6.7 Розрахунок кількості витратних матеріалів на ремонт

Відомості потреб в інструментах та матеріалах наведені в таблицях.

Кількість запасних частин і матеріалів приймають 25% від кількості матеріалів, необхідних для монтажу системи.

Таблиця 7.3 – Відомість потреби запасних частин і матеріалів

Найменування матеріалу або інструменту	Тип, марка	Од. виміру	Кількість
1	2	3	4
матеріали та обладнання для системи опалення			
Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 15$ мм	Wefatherm PN 20 [14]	м	126
Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 20$ мм	Wefatherm PN 20	м	80
Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 25$ мм	Wefatherm PN 20	м	7

Продовження таблиці 6.3

1	2	3	4
Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 32$ мм	Wefatherm PN 20	м	8
Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 40$ мм	Wefatherm PN 20	м	8
Труби поліпропіленові водопровідні Ст. 3сп ГОСТ 380-94, звичайні $d_y = 50$ мм	Wefatherm PN 20	м	20
Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø20мм	Wefatherm PCS-20	шт.	75
Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø25мм	Wefatherm PCS-25	шт.	65
Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø32мм	Wefatherm PCS-32	шт.	5
Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø40мм	Wefatherm PCS-40	шт.	6
Кронштейн кріплення труб Wefatherm Ø50мм	Wefatherm PCS-50	шт.	8

Продовження таблиці 6.3

1	2	3	4
Фанкойл опалювальний настінний Carrier	Carrier 42N A3[9]	шт.	84
Кран прохідний кульковий Wefatherm до $d_y = 15$ мм	Wefatherm[14] RDS-A-15	шт.	116
Кран прохідний кульковий Wefatherm до $d_y = 20$ мм	Wefatherm RDS-A-20	шт.	26
Кран прохідний кульковий Wefatherm до $d_y = 25$ мм	Wefatherm RDS-A-25	шт.	10
Болти з гайками	M6×20, M8×25	кг	34
			$\Sigma m = 130$ кг

Таблиця 6.4 - Відомість потреби в допоміжних матеріалах

Допоміжні матеріали	Одиниці виміру	Витрата матеріалів	
		Шифр	Маса
1	2	3	4
Шурупи з полукруглою головкою, діаметр тержня 6 мм, довжина 40 мм	кг	111-1483	4,5
Болти з шайбами та гайками діаметр 16 мм	кг	130-0040	11,64
Фланці з поліпропілену, $d_y 15-25$	кг	130-0965	32,54
Прокладки гумові	кг	111-1746	5,64
Прокладки гумові	кг	111-1746	5,64
Полотно фольговане $\delta=2$ мм, 158м.	кг		8
Клей K414	кг		4

Таблиця 6.5 – Набір інструментів для монтажників системи тепlopостачання

№	Найменування	ГОСТ, марка	Кіл-сть	Вага
1	2	3	4	5
1	Ключ гайковий двухсторонній M12-17-19 мм M16-22-21 мм	ГОСТ 2839-80	2	0,88 1,2
2	Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	2	0,7
3	Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	2	1,6
4	Зубило слюсарне довж 250 мм	ГОСТ 7211-72	2	0,7
5	Стрічка вимірювальна, 20 м		2	0,2
6	Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	1,6
7	Висок	ГОСТ 7948-80	1	0,2
8	Ящик переносний для інструменту		2	4,8

Сумарна вага інструментів для монтажу системи дорівнює $\Sigma = 11,88\text{кг}$.

Отвори для встановлення кронштейнів виконують за допомогою ударного дреля DeWalt D21810KS його технічні характеристики:

споживча потужність: 770Вт;
число обертів: 0-110/0-2700об/хв,
вага: 2,3кг.

Для нарізання різьб використовується пристрій різьбонарізний REMS

Його технічна характеристика:

мінімальний діаметр – ½ ";
максимальний діаметр - 2";
вага, кг – 6,5;
потужність електродвигуна, кВт – 1,5.

Для зварювання металополімерних трубопроводів використовують зварювальний пристрій Santehas його тех. характеристики :

насадки: 15-25 мм;

потужність: 800 Вт;

вага: 1,5 кг.

Для випробування трубопроводів на міцність та щільність використовуємо гідравлічний прес фірми „Rems” . Його технічні характеристики наведені в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Технічні характеристики гідравлічного пресу „Rems”

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

Після закінчення всіх робіт проводять випробування і приймання системи в експлуатацію.

6.8 Можливі аварії системи та засоби їх усунення

До несправностей системи опалення належить витіки води з мережі через трубопроводи, прилади і арматуру системи. Нещільності у трубопроводах виникають у фланцевих, різьбових і зварних з'єднаннях. Витіки води через фланцеві з'єднання зазвичай відбувається через недостатнє затягування болтів, несправності прокладки і перекосу у фланцях. Забивати клинці у фланцеві з'єднання які підтікають забороняється. Якщо прокладка має дефекти то її необхідно замінити новою використовуючи спеціальний пристрій для заміни прокладки у фланцевих з'єднаннях трубопроводів. Внутрішній виріз прокладки має бути рівним внутрішньому діаметру труби.

Витіки води через зварні з'єднання відбуваються через погану їх якість, які часто виявляються при неможливості руху трубопроводів при температурних видовженнях,

через герметичне їх защемлення в перекриттях. Дефектний зварний шов відчеканювати заборонено, його необхідно заварити тим же видом зварки, яким він був заварений раніше. Для зручності заварки дефектної ділянки шва, який знаходиться з боку стояка, необхідно відтягнути останній від стіни. Якщо нещільність утворилась у ділянці шва, який обернений до стіни, заварку проводять у декілька етапів. Спочатку з протилежної (доступної) сторони вирізають отвір достатній для того щоб заварити шов з середини (попередньо очистивши дефектну його ділянку від бруду та іржі), після чого отвір, вирізаний для здійснення роботи заварюють. Якщо заміна несправної ділянки трубопроводу ускладнена через неможливість нанесення різьби на його кінцях, то в такому разі необхідно використовувати муфти для без різьбового з'єднання труб. Після видалення пошкодженої ділянки труби, необхідно заготовити нову трубу тієї ж довжини та діаметру, на її кінці надівають муфти в зібраному вигляді, але з напіввикрученими гайками. Потім муфти натягують на старий трубопровід. Гайки закручують за допомогою двох ключів.

Витоки води з запірної і регулювальної арматури відбуваються в основному через несправну сальникову набивку.

До 10 % несправностей у приміщеннях через несправності регулюючої арматури, основними дефектами якої є її негерметичність. Герметичність засувок порушується в результаті відкладання на її дисках солей, що містяться у воді. Для знімання цих відкладень всі засувки необхідно не рідше ніж один раз на тиждень пересувати до крайніх положень шпинделів декілька раз. Негерметичну засувку розбирають, очищують її поверхню і пришабровують до гнізд. Пришабровку виконують «під фарбу», що нанесена на поверхні ущільнюючого кільця, що виявляє наявні на цій поверхні подряпини і шорсткість. Пришабровка виконується в декілька прийомів і закінчується, коли ущільнюючі кільця на дисках надійно притерті до таких же кілець які вмонтовані в корпус засувки .

Негерметичність прохідних (пробкових) кранів усувають при шліфовкою пробок до корпусу. Для цього кран розбирають, поверхню пробки необхідно змастити чистим машинним маслом і рівномірно посипати її мілким скляним порошком. Потім пробку необхідно вставити в корпус крана і притерти її рівномірним обертанням, часто змінюючи його напрямлення. Цю роботу доцільно виконувати за допомогою ручної дрелі, в патрон

якої затискається деталь що притирається. Для перевірки щільності притирки необхідно провести крейдою лінію по довжині пробки, потім вставити її в корпус і декілька раз повернути. При якісному притиранні крейда буде витертою рівномірно по всій довжині поверхні, що притирається. Після закінчення притирання пробку необхідно змастити. Аналогічно проводиться притирка клапанів до гнізда у зворотніх клапанів.

Менша, порівняно з проектом, продуктивність і тиск циркуляційного насосу відбувається, частіше за все, по наступним причинам: сильне ковзання паска (усувається його перешиванням); накопичення бруду на лопатках колеса; підсмоктування повітря (усувається його підтяжкою або заміною); не правильне підключення електродвигуна, внаслідок чого турбіна насоса обертається у зворотню сторону; відкрита або не герметична засувка на обвідній лінії у насосів.

Сильний нагрів насосу і електродвигуна може відбуватись по наступним причинам: двигун і насос або їх мастило захаращені брудом і піском; сильно затягнутий сальник (після виключення двигуна насос зупиняється не поступово а зразу); заїдає або пошкоджено кільце що змащує; недостатня потужність двигуна.

6.9 Техніка безпеки в умовах експлуатації та під час виконання ремонтних робіт

Всі працівники повинні пройти інструктаж по техніці безпеки по 10 годинній програмі.

Користуючись трубними і гайковими ключами, не можна одягати обрізки труб на ручки ключів і використовувати металеві підкладки під губки ключів. Під час заповнення системи опалення теплоносієм і його випускання, під час випробування і налагодження, необхідно користуватись переносними освітлювачами напругою не вище ніж 12 В.

Верстати та механізми повинні бути правильно встановлені і підключені до електромережі у відповідності з діючими правилами техніки безпеки та промислової санітарії. Перед пуском верстата або механізму треба ознайомитись з інструкцією по експлуатації, тобто, правилами роботи на верстаті, розміщенням органів його керування, системою змащування та іншими його особливостями.

Верстати та механізми може підключити до електромережі електрик з дозволу адміністрації цеху у відповідності з монтажною електричною схемою, що наявна в паспорті. Перед підключенням до мережі верстат або механізм треба надійно заземлити та занулити, перевірити правильність кріплення огорожень та положення органів керування, які повинні знаходитись у положенні «вимкнено». Всі струмоведучі частини електроустановки та дроти повинні бути огорожені та попереджені від випадкового дотику до них.

Після підключення до електромережі верстат або механізм треба ввімкнути та мінімальний режим та перевірити на холостому ході роботу всіх органів верстату. До роботи на верстаті чи механізмі допускаються особи, що вивчили його конструкцію, прийоми роботи, правила техніки безпеки та безпечної роботи на цьому верстаті чи механізмі.

При виявленні в механізмі будь-яких несправностей працівник повинен відразу повідомити про це адміністрацію і не приступати до роботи до усунення дефектів.

Оброблювані деталі повинні бути надійно закріплені. Робочий інструмент можна встановлювати та знімати тільки після повної зупинки механізму. Заборонено гальмувати рухомі частини рукою навіть при вимкненому приводі. Через працюючий верстат або механізм не можна передавати або брати предмети, перегинатись, опиратись на нього. Не слід закладати та подавати рукою оброблювану деталь під час роботи верстату. Забороняється під час роботи чистити, змащувати, або убирати відходи з верстату та механізму. У всіх випадках виявлення несправностей, а також при закінченні роботи чи відході від верстату або механізму обов'язково зупинити верстат.

При нещасному випадку працівник, що знаходиться поряд повинен надати першу медичну допомогу постраждалому і одночасно повідомити про це майстру.

Людину, вражену електричним струмом необхідно якнайшвидше звільнити від дії струму, для чого слід виключити рубильник, а якщо це неможливо, то відірвати постраждалого від дроту чи предмета, що знаходиться під напругою. При цьому той, що оказує допомогу, не повинен торкатися враженого голими руками : необхідно мати

гумові рукавички та діелектричні чоботи або стати на суху дошку та обмотати руки сухим одягом. Після цього постраждалому слід зробити штучне дихання.

6.10 Пристрої обліку та контрольно-вимірювальні прилади

До пристроїв обліку належать манометри МТК модель 105, термометри біметалеві та технічні скляні ТТУ - 4Г240.104, якими вимірюють тиск в системі опалення та температуру повітря в приміщенні. До пристроїв регулювання належать шарові крани.

Таблиця 6.7 – Технічні характеристики манометра МКТ 105.

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Максимальний тиск	бар	6
Темп. діап. серед.	°С	-60...+60
Клас точності	-	1,5

Таблиця 6.8 – Технічні характеристики термометра біметалевого ТТУ -4Г240.104

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Діапазон вимірювань	°С	0...80
Діаметр штуцера	мм	15
Клас точності	-	2,0

6. 11 Висновки до розділу 7

В даній магістерській кваліфікаційній роботі були розроблені заходи з експлуатації та налагодження енергоефективної системи опалення з ТН житлової будівлі в м. Ізмаїл. В роботі виконано розрахунок системи і її окремих елементів, наведено технічні характеристики основного обладнання, приведені правила пуску в дію та випробування систем із наведенням відповідних етапів, наладка робочих режимів системи, визначено умови експлуатації, проведено розрахунок кількості витратних матеріалів та інструментів на ремонт, передбачені можливі пошкодження системи та

засоби їх усунення, розроблена система забезпечення техніки безпеки в умовах експлуатації та під час виконання ремонтних робіт.

7 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

7.1 Загальні положення

Захист атмосферного повітря від забруднення є однією з основних проблем охорони навколишнього середовища.

В даній магістерській роботі розглядається влаштування системи опалення багатофункціональної житлової будівлі. Генератором тепла служить повітряний тепловий насос, який складається з трьох модулів AQUACIAT 2 ILDH 500V. Загальна встановлена потужність теплогенератора становить 398 кВт.

7.2 Заходи з енергозбереження

Для будівлі виконуються такі заходи з енергозбереження:

- виконується теплоізоляція покрівлі. Утеплення зводиться до влаштування додаткового теплоізоляційного шару. Для утеплення дахового перекриття використовується плитний утеплювач з мінеральних матів;
- виконується підвищення теплоізоляційних якостей вікон. Термічний опір збільшується за рахунок збільшення шарів скла (3 шари); створенням герметичного простору між склом;
- виконується теплоізоляція підвідних трубопроводів і стояків системи опалення;
- виконується підвищення теплозахисних властивостей захисних конструкцій комплексу.

7.3 Заходи по зменшенню теплового забруднення атмосфери

Заходи атмосфери від теплового забруднення є досить актуальною проблемою в наш час. Підвищення температури на Землі призводить до незворотних процесів в навколишньому середовищі.

В магістерській роботі для запобігання виникнення теплового забруднення зменшені втрати тепла будинку через огорожуючі конструкції за рахунок використання сучасних матеріалів з більш високим термічним опором.

Нормативний термічний опір стіни для 2 температурної зони (м. Ізмаїл) становить $2,0 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$. Підвищимо термічний опір стіни до $3,5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

Наведено фрагмент розрахунку тепловтрат будинку при збільшенні термічного опору стіни з $2,8 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ до $3,5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ і порівняємо отримані результати. Розрахунок зводимо в таблицю 8.1

Таблиця 7.1-Теплотехнічний розрахунок при збільшенні термічного опору до $3,5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

№приміщення.	Найменування огороження	Орієнтація	Розмір огорожень, м	Площа огороження, м ²	Термічний опір, м ² /°C/Вт	Коеф. теплопередачі	Різниця температур Δt	Поправочний коефіцієнт n	Головні тепловтрати, Вт	Додаткові тепловтрати, Вт			Загальні витрати, Вт
										На <small>Овітрювання</small>	На вітер	Зоїсні стіни	
308	ЗС	Півн.	6,8*3	20,4	2,0	0,5	26	1	265	10	5	-	327
308	ЗС	Півн.	6,8*3	20,4	3,5	0,28	26	1	149	10	5	-	183

Проаналізувавши розрахунки можна зробити висновок, що зменшення тепловтрат будинку за рахунок збільшення термічного опору стін до $3,5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ складає 44%.

Загальні витрати теплової енергії на опалення при термічному опорі зовнішніх стін $2,0 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ складають 327 кВт. Проведемо перерахунок загальних витрати теплової енергії при збільшенні термічного опору стін до $3,5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

$$Q_{\text{заг}}^{3,5} = 327 \cdot (100 - 44) = 183 \text{ кВт} \quad (8.1)$$

Для виробництва 1 кВт теплової енергії тепловий насос затрачає 0,48 кВт електричної енергії. Розрахуємо затрати електроенергії для опалення комплексу при значеннях термічного опору стін 2,0 і $3,5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ відповідно.

$$N_{\text{ел.е}} = Q_{\text{оп}} \cdot n_{\text{ел.е}}, \quad (8.2)$$

де: $Q_{\text{оп}}$ – тепла енергія, що затрачається на опалення, кВт;

$n_{\text{ел.е}}$ —кількість електроенергії, необхідна для вироблення 1 кВт теплової енергії, 0,48кВт.

$$N^{2,0}_{\text{ел.е}} = 327 \cdot 0.48 = 157 \text{ кВт/год},$$

$$N^{3,5}_{\text{ел.е}} = 183 \cdot 0.48 = 88 \text{ кВт/год}.$$

Отже, економія електроенергії складає $157 - 88 = 69$ кВт.

Проведемо розрахунок економії електроенергії за опалювальний сезон.

$$E = N_{\text{ел.е}} \cdot T \cdot n \cdot 24, \quad (8.3)$$

де: $N_{\text{ел.е}}$ - кількість зекономленої електроенергії, кВт;

T- тариф на електроенергію, 0,76 грн/кВт;

n- кількість опалювальних діб.

$$E = 69 \cdot 0,76 \cdot 126 \cdot 24 = 158,6 \text{ тис. грн.}$$

Внаслідок збільшення термічного опору зовнішніх стін з $2,0 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ до $3,5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ отримуємо економію коштів в 158,6 тис. грн. за опалювальний сезон.

7.4 Енергетичний паспорт будівлі

Таблиця 7.2 - Загальна інформація

Дата заповнення (рік, місяць, число)	01.12.2025
Адреса будинку	вул. Фортчна, 9, м. Ізмаїл
Розробник проєкту	ВНТУ
Адреса і телефон розробника	38069995979
Шифр проєкту будинку	08-13.МКР.009.00.000
Рік будівництва	2025

Таблиця 7.3 - Розрахункові параметри

№ п/п	Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниці вимірювання	Величина
1	Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_{в}$	°С	20
2	Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{з}$	°С	-3
3	Розрахункова температура теплого горища	$t_{вг}$	°С	-
4	Розрахункова температура техпідпілля	$t_{ц}$	°С	-
5	Тривалість опалювального періоду	$z_{оп}$	доба	161
6	Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{оп з}$	°С	5,2
7	Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду	D_d	°С·доба	3500
Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку				
8	Призначення	Житлова будівля		
9	Розміщення в забудові	Окремо розташований		
10	Типовий проєкт, індивідуальний	Індивідуальний		

Таблиця 7.4 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

№ п/п	Показник	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (проєктне) значення показника	Фактичне значення показника
1	2	3	4	5	6
Геометричні показники					
12	Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку В тому числі:	$F_{\Sigma}, \text{м}^2$	--	2482	

Продовження таблиці 7.4

1	2	3	4	5	6
	- стін - вікон і балконних дверей	$F_{\text{нп}}, \text{м}^2$ $F_{\text{сп}}, \text{м}^2$	-- --	1853 629	
	- горищних перекриттів (холодного горища) - перекриттів над неопалюваними підвалами і підпіллями	$F_{\text{д}}, \text{м}^2$ $F_{\text{п2}}, \text{м}^2$	-- --	296 -	
13	Площа опалюваних приміщень	$F_{\text{н}}, \text{м}^2$	--	10354	
14	Корисна площа (для громадських будинків)	$F_{\text{л}}, \text{м}^2$	--	8425	
17	Опалюваний об'єм	$V_{\text{н}}, \text{м}^3$	--	53355	
18	Коефіцієнт скління фасадів будинку	F	--	0,21	
19	Показник компактності будинку	$k_{\text{к буд}}$	--	0,26	
Теплотехнічні та енергетичні показники					
Теплотехнічні показники					
20	Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожень - стін - горищних перекриттів (холодних горищ) - перекриттів над неопалюваними підвалами або підпіллями	$R_{\Sigma \text{пр}}, \text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ $R_{\Sigma \text{пр ст}}$ $R_{\Sigma \text{пр г}}$ $R_{\Sigma \text{пр пп}}$	-- 2,0 3,5 -	-- 2,0 3,5 -	

Продовження таблиці 7.4

1	2	3	4	5	6
21	Розрахункові питомі тепловитрати	$q_{\text{буд}}$, кВт · год/м ² , [кВт · год/м ³]		41,2 (10,9)	
22	Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку	E_{max} , кВт · год/м ² , [кВт · год/м ³]		- (21)	
23	Клас енергетичної ефективності			В	
24	Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів			20	
25	Відповідність проекту будинку нормативним вимогам			Відпові дає	
26	Необхідність доопрацювання проекту будинку			Ні	

Таблиця 7.5 - Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, $q_{\text{буд}}$, від максимально допустимого значення, E_{max} , $[(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}}) / E_{\text{max}}] \cdot 100\%$	Рекомендації
А	мінус 50 та менше	
В	від мінус 49 до мінус 10	
С	від мінус 9 до плюс 5	
Д	від плюс 6 до плюс 25	
Е	від плюс 26 до плюс 75	
F	плюс 76 та більше	

Таблиця 7.6 - Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будинку

Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку	
Рекомендовано: - використання автоматичних засобів терморегулювання; - збільшити термічний опір захисних конструкцій.	
Паспорт заповнений:	
Організація	ВНТУ
Адреса и телефон	
Відповідальний виконавець	Чебан О.Б.

7.5 Висновок до розділу 7

При проектуванні системи опалення житлової будівлі були розроблені наступні заходи з енергозбереження:

- підвищення опору теплопередачі зовнішніх стін;
- використання як джерела тепла теплового насоса;
- теплова ізоляція стояків і підвідних трубопроводів системи опалення.

Використовуючи тепловий насос і підвищений опір теплопередачі огорожуючих конструкцій зменшується теплове забруднення довкілля. Таким чином тепла енергія використовується раціонально.

Було розраховано та заповнено енергетичний паспорт будівлі.

8 ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЄКТУ

8.1 Вихідні положення. Характеристика об'єкту, технологічні можливості та економічна доцільність

В даній магістерській кваліфікаційній роботі передбачено розробку варіанту енергоефективної системи теплопостачання з ТН житлової будівлі у м. Ізмаїл. Джерелом тепла служить тепловий насос. Система опалення автономна, двотрубна.

Будівля розміщена з врахуванням оптимальної і допустимої орієнтації по сторонам горизонту і не перевищує нормативних вимог ДСТУ-Н В.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

Об'єм будинку становить 62297 м³. Ділянка будівництва межує з житловими будинками.

Метою розробки систем опалення є:

- забезпечення комфортних умов для перебування людей;
- безпечність та надійність роботи системи опалення;
- економічність системи опалення.

Усі ці умови можуть бути забезпечені шляхом впровадження варіанту автономного опалення, а саме – влаштування теплового насосу на даху будівлі.

8.1.1 Обґрунтування проєктної потужності об'єкту

Кліматичні умови району:

- середня температура найбільш холодної п'ятиденки – - 20°C;
- температура найбільш холодної доби – -23 °C;
- середня швидкість вітру – 4,4 м/с;
- тривалість опалювального періоду – 161 доба;

Проєктом передбачається індивідуальна система опалення з двотрубною горизонтальною розводкою трубопроводів. Теплоносій – вода з параметрами: 40 - 30°C.

Система запроєктована із застосуванням поліпропіленових трубопроводів марки Wefatherm. Кожне приміщення опалюється за допомогою розташованого в ньому опалювального приладу (фанкойл) фірми Carrier.

Витрата теплоти на опалення – 327 кВт

8.1.2 Вибір типу автономної системи теплозабезпечення

Останнім часом в Україні почали широко використовувати індивідуальні системи опалення, які задовольняють різноманітні запити споживачів.

Як джерело тепла використано тепловий насос ґрунт-вода.

При виготовленні теплових насосів виробники орієнтуються на ряд таких вимог:

- економічність (для передачі в організовану на його базі систему опалення 1 кВт / год теплової енергії установки необхідно витратити всього 0,2-0,35 кВт / год електроенергії);

- безпека використання;
- екологічність;
- автоматизація системи.

8.1.3 Дані про можливість забезпечення основними матеріалами, енергоресурсами.

Теплопостачання передбачене від теплового насоса, який знаходиться на даху будівлі.

Телоносій – вода з параметрами 40 – 30°C.

Витрати тепла на опалення – 327 кВт.

8.1.4 Матеріали оцінки впливів на організм працюючих

В приміщенні будинку відсутні шкідливі впливи на організм працюючих, відвідувачів та навколишнє середовище. Роботи, що виконуються персоналом, відносяться до легкої категорії робіт.

Для нормального самопочуття людей необхідно підтримувати в приміщенні комфортні умови (оптимальні мікрокліматичні умови), що забезпечуються за допомогою влаштування системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

8.1.5 Основні положення по організації будівництва і влаштування санітарно-технічних систем

Роботи по влаштуванню системи тепlopостачання розпочинають після узгодження з органами державного нагляду. Всі роботи з монтажу обладнання і пусконаладжувальні роботи здійснюються спеціалістами підприємства-постачальника. Монтаж здійснює організація, яка має досвід монтажу таких установок. Монтажні роботи повинні виконуватись у відповідності з робочим проектом.

Організація монтажних робіт може проводитись послідовним, паралельним та поточним методами.

Організація, що виконує будівельно-монтажні роботи повинна забезпечити:

- виконання робіт у визначені строки;
- якість роботи;
- здачу закінченого об'єкту в експлуатацію.

Монтаж здійснюється підрядним способом, доставка елементів системи здійснюється підрядником.

Оплата за виконанні монтажні роботи між замовником та підрядником проводиться у формі безготівкового розрахунку.

8.1.6 Основні технологічні та будівельні рішення

Для всієї будівлі запроєктована автономна система водяного опалення. Трубопроводи виконані з поліпропілену. В якості опалювальних приладів використовуються фанкойли марки Carrier. Регулювання тепловіддачі приладів здійснюється за допомогою автоматичних систем самого приладу. Теплоносій – вода з параметрами 40 – 30 °С. Можливість регулювання роботи кожного фанкойла веде до зменшення енергоспоживання, що є основною метою розробки системи.

8.1.7 Обґрунтування вибору опалювальних приладів.

Порівняємо два варіанти опалювальних приладів – радіатори і фанкойли.

Радіатори

Переваги:

- широкий асортимент потужностей;
- простота у монтажі і обслуговуванні;
- великий коефіцієнт тепловіддачі;
- порівняно невисока ціна

Недоліки:

- виконують тільки нагрівання повітря, без його фільтрації.

Фанкойли

Переваги:

- незалежний контроль кожного пристрою;
- можуть працювати як в режимі нагріву, так і в режимі охолодження;
- фільтрування повітря;
- можливість спрямовувати потік охолодженого або нагрітого повітря;

Недоліки:

- велика вартість;
- складний монтаж і обслуговування приладу.

В результаті порівняння доцільно в якості опалювального приладу вибрати фанкойл, так як він виконує і нагрів і охолодження повітря.

8.1.8 Визначення найбільш доцільного матеріалу трубопроводів системи опалення

Порівняємо два варіанти виконання системи опалення із сталевих та поліпропіленових труб:

Сталеві трубопроводи

Переваги:

- низька вартість;

- висока міцність дає змогу застосовувати їх для високо напірних магістралей, або в місцях їх механічного пошкодження;
- низький коефіцієнт температурного розширення;
- висока стійкість до розривних тисків, що дає змогу зменшити товщину стінки у 2-3 рази;

Недоліки:

- схильність до корозії;
- велика маса і більш складний монтаж у порівнянні з поліпропіленовими трубопроводами;
- висока теплопровідність сталі вимагає ізоляції трубопроводів;
- не стійкі до дії агресивних середовищ;
- відсутність пластичності;

Поліпропіленові трубопроводи

Переваги:

- невелика вартість;
- термін служби близько 50 років;
- низька теплопровідність, відсутність електричної провідності;
- низька шорсткість стінок труби;
- стійкість до дії агресивних середовищ;
- відсутність корозії.

Недоліки:

- невисока максимальна робоча температура;
- при високих температурах теплоносія значно скорочується термін служби;
- для монтажу потрібна достатня кваліфікація монтажників.

В результаті порівняння можна зробити висновок що застосування поліпропіленових трубопроводів буде більш доцільним, оскільки використовується низькотемпературний теплоносій, поліпропілен має кращі механічні якості, і термін служби такої системи значно більший.

Система опалення змонтована з поліпропіленових трубопроводів Wefatherm типу PN20 діаметром 15-63 мм.

8.1.9 Економічна ефективність впровадження теплового насосу

Встановлення теплового насосу:

а) капіталовкладення на встановлення теплового насосу.

1. Вартість теплового насосу – 561000 грн.

2. Вартість проектних робіт приймаємо 15% від вартості влаштування теплового насосу – $561000 \cdot 0,15 = 84150$ грн.;

3. Вартість монтажних робіт приймаємо 30 % від вартості теплового насосу – $561000 \cdot 0,3 = 168300$ грн.;

4. Вартість пусконаладжувальних робіт приймають 5% від вартості обладнання – $561000 \cdot 0,05 = 28050$ грн.;

5. Допоміжне обладнання 37050 грн.;

6. ПДВ (20%) – $878550 \cdot 20/100 = 175710$ грн.

Всього: 1054260 грн.

б) експлуатаційні витрати

1. Вартість спожитої електроенергії – $3024 \cdot 27 \cdot 1,29 = 105326$ грн.

2. Амортизація – $561000 \cdot 0,05 = 28050$ грн.

3. ЗВВ = $(105326 + 28050) \cdot 0,17 = 22674$ грн

Всього: 156050 грн.

Встановлення газової котельні

а) капіталовкладення на встановлення газового котла.

1. Вартість газового котла – 660000 грн.;

2. Вартість проектних робіт приймаємо 15% від вартості влаштування теплового насосу – $660000 \cdot 0,15 = 99000$ грн.;

3. Вартість монтажних робіт приймаємо 30 % від вартості теплового насосу – $660000 \cdot 0,3 = 198000$ грн.;

4. Вартість пусконаладжувальних робіт приймають 5% від вартості обладнання – $660000 \cdot 0,05 = 33000$ грн.;

5. Допоміжне обладнання – 81750 грн.;

6. ПДВ (20%) – $1071750 \cdot 20/100 = 214350$ грн.

Всього: 1286100 грн.

б) експлуатаційні витрати

1. Вартість спожитого газу – $3024 \cdot 8,94 \cdot 14,2 = 383891$ грн.;

2. Амортизація – $660000 \cdot 0,05 = 33000$ грн.;

3. Електроенергія – $1,29 \cdot 4 \cdot 3024 = 15604$ грн.;

4. Вода – 150 грн.;

5. ЗП = $4233 \cdot 1,385 \cdot 1 \cdot 4,2 = 24623$ грн.

Всього: 457268 грн.

8.1.10 Показники економічної ефективності проекту

Розрахунки показують, що капітальні вкладення і експлуатаційні витрати на влаштування газового котла більші за капітальні вкладення і експлуатаційні витрати на влаштування теплового насосу пункту.

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

де K_2, K_1 – відповідно капітальні вкладення на влаштування газового котла і теплового насосу, грн.;

E_2, E_1 – відповідно експлуатаційні витрати на газовий котел і тепловий насос, грн.;

Отже абсолютний ефект на капітальні вкладення, грн.;

$$K_{\text{еф}} = K_1 - K_2 = 1286100 - 1054260 = 231840 \text{ (грн.)}$$

Абсолютний ефект на експлуатаційних витратах грн./рік:

$$E_{\text{еф}} = E_1 - E_2 = 457268 - 156050 = 301218 \text{ (грн.)}$$

Термін окупності теплового насосу визначається:

$$T = 1054260 / 301218 = 3,5 \text{ роки.}$$

8.1.11 Розрахунок техніко-економічних показників

1. Загальний строк будівництва:

$$T_{\text{заг.}}=28 \text{ днів.}$$

2. Загальна трудомісткість:

$$Q_{\text{заг.}}=390,96 \text{ люд·днів.}$$

3. Середня чисельність робочих:

$$R_{\text{сер.}} = Q_{\text{заг.}} / T_{\text{заг.}} = 390,96/28 = 14 \text{ робітників.}$$

4. Максимальна чисельність робітників:

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

5. Надлишкова трудомісткість:

$$Q_{\text{надл.}}=62,6 \text{ люд·днів.}$$

6. Коефіцієнт, що характеризує використання робітників протягом будівництва:

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

$$\alpha_1 = 14/18=0,78$$

7. Коефіцієнт нерівномірності графіку руху робітників по працевтратам:

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

$$\alpha_2 = 62,6/390,96=0,16$$

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

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

$$\alpha_3 = 14,7/28=0,53$$

8.2 Висновки до розділу 8

Аналіз ТЕО дає підстави зробити висновки, що використання як опалювальні прилади фанкойлів більш доцільне, ніж застосування радіаторів. В результаті застосування енергоефективного обладнання забезпечується надійна та економічна робота системи опалення та високий рівень комфорту в комплексі. Як джерела тепла доцільніше застосовувати тепловий насос, термін окупності якого складає 3,5 роки.

У додатку В наведено розрахунок локального кошторису на влаштування системи теплопостачання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Магістерська кваліфікаційна робота на тему «Енергоефективні системи теплопостачання житлової будівлі із використанням геотермального теплового насоса», розроблена у повній відповідності до наданого завдання на проектування та спрямована на вирішення актуальної проблеми підвищення енергоефективності в житловому будівництві.

В МКР було виконано техніко-економічне обґрунтування, на основі якого було обґрунтовано та вибрано найбільш економічно доцільне рішення для системи теплопостачання – використання геотермального теплового насоса (ТН). Це рішення підтвердило свою перевагу перед традиційними джерелами тепла (наприклад, котлами з твердим, рідким чи газоподібним паливом) з точки зору експлуатаційних витрат та довгострокової окупності. Впровадження системи на базі геотермального ТН забезпечує значну економію енергетичних ресурсів та зниження експлуатаційних витрат на опалення будівлі.

В технічній частині МКР виконано детальний розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, дах, вікна, підлога) для найбільш холодного періоду року. Це забезпечило точне визначення необхідної теплової потужності та коректний підбір обладнання. Для будівлі запроєктована автономна система опалення горизонтальна двохтрубна з верхньою розводкою магістралей. Така схема забезпечує надійність, рівномірний розподіл теплоносія та зручність обслуговування.

В МКР були розроблені заходи з організації та технології монтажу системи теплопостачання, що включає встановлення теплового насоса, прокладання контуру зовнішнього теплообмінника та внутрішньої розводки. Визначені склад і об'єми робіт, потреба в машинах, механізмах та матеріальних ресурсах, трудомісткість монтажу. Розраховано потребу в основних машинах, механізмах та матеріальних ресурсах, що є основою для планування та кошторисної документації. Складено календарний план виконання монтажних робіт для системи опалення, який забезпечує оптимізацію термінів та послідовності будівельно-монтажних процесів. Складені календарні плани виконання монтажних робіт для монтажу системи опалення.

Передбачено комплекс заходів з охорони праці при виконанні всіх будівельно-монтажних робіт, забезпечуючи безпечні умови праці на об'єкті.

В МКР виконані заходи щодо експлуатації системи опалення, розглянуто принцип роботи даної системи, також визначено строки технічного обслуговування та ремонту системи теплопостачання.

Розроблені заходи з охорони довкілля та енергозбереження. В результаті яких визначено економію внаслідок встановлення теплового насоса. Як енергозберігаюче устаткування було запроєктовано встановлення терморегулюючих вентилів, теплова ізоляція трубопроводів. Розроблені та обґрунтовані заходи з підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій та покращення якості віконних конструкцій. Ці заходи є взаємодоповнюючими до системи ТН, мінімізуючи загальну потребу будівлі в тепловій енергії.

Виконано розрахунок техніко-економічних показників та наведено розрахунок локального кошторису на влаштування системи теплопостачання, що відображає загальну вартість проєкту. Розраховані ключові техніко-економічні показники підтверджують фінансову привабливість інвестиції в енергоефективну систему на базі геотермального теплового насоса.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шепель Я. Я. Шляхи ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів в комунальній теплоенергетиці. Міське господарство України. 2000. №2. С. 34–36.
2. Остапенко Я. В. Економічно – фінансові проблеми підприємств комунальної теплоенергетики. Міське господарство України. 2000. №2. С. 37–38.
3. Шульга В. І. Основні напрями та результати робіт Міненерго України щодо розвитку НВДЕ: тези доповідей. 5-та наук. практ. конф. з питання розвитку і впровадження техніки і технологій використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії (2–9 вересня, 1996 р.). С. 3–6.
4. Крикавський Є. В., Жуковська З.С., Терех М. В. Стан і перспективи розвитку централізованого тепlopостачання. Ринок інсталяційний. 2001. №3. С. 14–15.
5. Паливно-енергетичний комплекс України у цифрах і фактах [За ред. М. П. Ковалка]. К.: Українські енциклопедичні знання, 2000. 152 с.
6. Долінський А. А. Програма реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2010 – 2015 роки та на період до 2020 року. Міське господарство України. – 2010. №1. С. 24–33.
7. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах тепlopостачання. Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. 2009. 176 с.
8. Остапенко О. П., Шевченко О. В. Перспективи застосування теплонасосних станцій в Україні. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: науково-технічний збірник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. 2011. №2. С. 132–139.
9. Ткаченко С. Й., Остапенко О.П. Комплексні методи оцінки енергоефективності теплонасосних станцій в системах тепlopостачання. Вісник ВПІ. 2007. №4. С. 83–85.
10. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Узагальнена теплотехнологічна система з теплонасосною установкою. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: науково-технічний збірник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. №3. С. 136–141.
11. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013. [Чинний від 2014–01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. 141с. (Державні будівельні норми) .
12. Будівельна кліматологія: ДСТУ – Н Б В.1.1 -27:2010. [чинний від 2011-11-01].

Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 127 с. (Національні стандарти України).

13. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи (Редакційна колегія: А.В. Беркута, П.І. Губань, В.Г. Іванькіна). Частина II, К. 236 с.

14. Каталог будівельних машин і інструментів [Електронний ресурс]: Dewalt D21810KS. URL: <http://powertools.co.nz>. 464с.

15. Технічна характеристика автомобіля КрАЗ 256Б. URL: <https://www.autokraz.com.ua/downloads/catalogue.pdf>

16. Каталог гідравлічних пресів [Електронний ресурс]: характеристики преса REMSPush. URL :http://www.vvk.com.ua/resource.php?id_res=2155

17. Каталог магазину InGreen [Електронний ресурс]: характеристика пристрою для зварювання INSTRUM 1200. URL : <http://in-green.com.ua>

18. Каталог Weffatherm [Електронний ресурс]: характеристика поліпропіленових трубопроводів і запірно-регулювальної арматури. 172 с. URL: <http://weffatherm.com.ua>

19. Каталог опалювальних приладів Carrier [Електронний ресурс]: характеристики опалювальних приладів. URL : http://www.elit-teplo.ua/korado_rad.html

20. Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.092108 - Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції. Вінниця: ВДТУ, 2003. 122 с.

21. Кінаш Р.І., Жуковський С.С. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт. Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с.

22. Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека в будівництві.ДБН А.3.2-2-2009.[чинний від 01.06.2010].-К.:Мінрегіонбуд України.-60 с.

23. Пожежна безпека об'єктів будівництва. ДБН В.1.1.7-2002. Київ: Держбуд України,2003.14 с.

24. Наказ МНС. Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні. Правила пожежної безпеки України. [дійсні від 19 жовтня 2004р]. 34 с.

25. Ратушняк Г.С. Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції [текст] / Г.С. Ратушняк , Г.С. Попова. – Вінниця: ВДТУ,2000. – 122 с.

26. Жуковський С.С., Возняк О.Т., Довбуш О.М. Вентилювання приміщень. Навч. посібник. Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2007. 476 с.
27. Правила визначення вартості будівництва: ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. – [Чинний від 2014–01–01]. Київ: Мінрегіон, 2014. 96 с. (Національний стандарт України).
28. Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання [Текст] : навч. посіб. Вінниця : ВДТУ, 2002. 120 с.
29. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія Київ [Чинний від 01.10.2011]. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010 р. 128 с.
30. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель. [Електронний ресурс]. URL: <http://dwg.ru/dnl/2196>
31. Ратушняк Г. С. Попова Г. С. Будівельна теплофізика [Текст] : навч. посіб. для вузів. Вінниця : ВНТУ, 2004. 119 с.
32. Радіатор алюмінієвий Fondital [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – URL: <https://www.radiator.in.ua/aluminiy-radiator/fondital.html>
33. Металополімерна труба Valtec [Електронний ресурс] : URL: <https://valtec.ua/uk/>
34. Каталог Danfoss "Автоматичні та ручні балансувальні клапани" 2008, 91с. URL: <https://radiki.com.ua/radiatornaya-armatura/termoregulyator/danfoss.html>
35. Технічний опис Danfoss "Радіаторні терморегулятори RTD" 2000 – 60с. URL:<https://radiki.com.ua/radiatornaya-armatura/termoregulyator/danfoss.html>
36. Панкевич О.Д.. Організація будівництва: навчальний посібник/ Вінниця: ВНТУ, 2007. 86 с.
37. Лебідка вантажопідйомна [Електронний ресурс] : URL: <http://budmash.ua>
38. Трансформатор зварний ТДМ-300 [Електронний ресурс] : URL: http://npfets.ua/catalog/all_manuf/tdm_300

39. Механізовані інструменти [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – URL: <https://leg.co.ua/info/instrumenty-i-mehanizmy/elektricheskie-ruchnye-mashiny-i-porohovoy-instrument-dlya-montazha-sistem-avtomatizacii.html>
40. Сайт компанії Rems: характеристика гідравлічного пресу REMS [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – URL: <http://www.rems.ru>
41. Сайт компанії Rems: характеристика різьбонарізного приладу «REMS Amigo» [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – URL: <http://www.rems.ua>
42. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Внутрішні санітарно-технічні роботи (Збірник 15): ДСТУ Б Д.2.4-15:2014 – [Чинний від 2014 – 01 – 08]. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. – 148 с.
43. ДБН А.3.2-2–2009 "Охорона праці і промислова безпека в будівництві" [Електронний ресурс]. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945
44. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 "Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом" [Електронний ресурс]. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945
45. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: ДБН В.1.1–7:2016 – К.: Мінрегіон України, 2017. – 47 с. – (Національний стандарт України).
46. Лялюк. О.Г. Економіка будівництва: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт/ Лялюк.О.Г.. – Вінниця: ВНТУ, 2003. – 26с.
47. Тепловий насос Vaillant flexoCOMPACT exclusive VWF 58/4. Технічна характеристика. URL: https://air-conditioner.ua/teplovyi-nasos-vaillant-flexocompact-exclusive-vwf-58-4.html?srsId=AfmBOoqeOJqw0eJi3Au1U6iGhvp94mp8L6miPt-_TGCGTUdUpk6Eh-O6
48. Коц І.В., Чебан О.Б. Енергоефективні системи теплопостачання житлового будинку із використанням геотермального теплового насоса. Міжнародна науково-технічна конференція. Енергоефективність в галузях економіки України-2025. Вінниця, ВНТУ. 19-21 листопада 2025 р. 4 с.
URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2025/paper/view/26523>

ДОДАТКИ

118

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

ДОДАТОК А

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

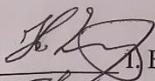
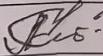
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

за темою: **Енергоефективні системи теплопостачання житлового будинку із використанням геотермального теплового насоса**

Науковий керівник

К.т.н., проф. каф. ІСБ

Розробив ст. гр. БТ-206

 І. В. Коц
 О. Б. Чебан

Вінні 2025

Технічне завдання

1. Призначення розробки та місце застосування.

Для забезпечення тепlopостачання житлової будівлі в місті Ізмаїл.

2. Основа для виконання робіт.

Основою для виконання робіт є проєкт 5-ти поверхової житлової будівлі (плани поверхів). Підстава: Наказ ректора ВНТУ про затвердження теми МКР № ____ від 15 жовтня 2025 р.

3. Мета та призначення розробки.

Метою розробки є створення системи тепlopостачання житлової будівлі із використанням як джерела теплової енергії геотермальний тепловий насос, яка б забезпечувала комфортні умови мікроклімату приміщень будівлі.

4. Джерела розробки.

Джерелами розробки є робочі креслення планів поверхів.

5. Технічні вимоги.

Технічні вимоги до системи опалення та вентиляції наведені у нормативній літературі:

ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»

6. Вимоги по стандартизації.

При розробці системи опалення та вентиляції потрібно застосовувати максимально можливу кількість стандартних виробів, які б забезпечували можливість швидкого монтажу системи та можливість їх ремонту чи заміни в разі поломки.

7. Вимоги з надійності.

Вимоги по надійності викладені ГОСТ 27.002. Обов'язковими є показники:

1) середня наробка обладнання на відмову, яка складає не менше 10 років;

2) середній повний строк служби не менше 20 років;

3) оцінку відповідності показників надійності – середню наробку обладнання на відмову провести на етапі приймальних випробувань експериментальним шляхом у відповідності ГОСТ 27410;

4) на вироби повинні бути встановлені строки експлуатації.

8. Ергономічні вимоги:

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

2) Номенклатура і величини антропометричних параметрів для пультів управління повинні відповідати вимогам ГОСТ 21114.

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

9. Експлуатаційні та ремонтні вимоги.

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

10. Порядок розробки випробування, приймання опалення:

1) Стадія розробки встановлюють відповідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Обов'язковими етапами дослідно-конструкторської роботи є:

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

2) Ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника.

3) Порядок приймання розробки здійснюється у відповідності з вимогами Держстандарту. Оцінка виконаної розробки і прийняття рішення виконує приймальна комісія, яку формує розробник. В склад комісії входять: представник замовника, розробника і виробника. Голова комісії – представник замовника.

4) Місце і строки випробувань позначаються заздалегідь і попередньо узгоджують.

5) Перелік документів, що представлялись на випробування відзначають у програмі випробувань.

б) Перелік матеріалів і документів, що передається замовнику: комплект технічної і експлуатаційної документації, креслення та інструкції з експлуатації систем тепlopостачання.

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

12. Етапи проектування та строки виконання дипломного проекту (табл.1).

Таблиця 1 - Етапи проектування та строки виконання роботи.

№ з/п	Назва основних етапів роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Аналітичний огляд та техніко-економічне обґрунтування системи тепlopостачання.	11.09.-08.10.25 р.
2	Теоретичне обґрунтування та розробка проєктних рішень даних систем.	09.10.-29.10.25 р.
3	Організаційно-технологічне забезпечення реалізації проєктних рішень систем тепlopостачання.	29.10.-19.11.25 р.
4	Попередній захист	27.11.25 р.
5	Рецензування	10.12.25 р.
6	Захист МКР	17.12.25 р.

ДОДАТОК Б

Висновок про перевірку МКР на плагіат

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Енергоефективні системи теплопостачання житлової будівлі із використанням геотермального теплового насоса

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(МКР, МКР)

Підрозділ кафедра ІСБ, факультет БЦЕІ
(кафедра, факультет)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КП1) **13,6 %**

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

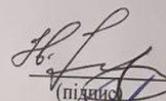
Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийнято до захисту.

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

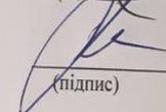
У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

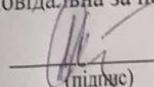
Коц В.І., к.т.н., професор каф. ІСБ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

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


(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

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

З висновком експертної комісії знайомлений(-на)

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

Здобувач Чебан О.Б.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток В

Таблиця В: тепловтрати приміщень 1-го поверху.

Но мер кі мн	Назва	Поз- наче- ння	Орі- єн- та- ція	Розміри,м		Пло- ща, м ²	К Вт/ м ² К	Δt °C	n	Додаткові тепловтрати					Тепл. конст. Вт	Тепл. при м Вт	Пл ощ а Пр им. М ²	Ви сот а при мі щ м	Тепл. вент. Вт	Заг тепло втр Вт	Фанкойли	
				ши рин а	висот а					ор	ві тер	сті ни	две рі	Σ							тип ор озм	к- ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
101	Тамбур	ФС	Пн	9,8	4,3	42	2	26	1	10	10	-	-	20	2180	2600	11	4,3	520	3120	Carrier 42N	1 шт
111	Сл. прим	ФС	Зх	3	4,3	12,9	2	26	1	10	10	10	-	30	680	3673	61	4,3	182	3855	Carrier 42N	1 шт
		ФС	Пн	9,2	4,3	39,5	2	26	1	10	-	-	10	2057								
		ФС	Сх	4,2	4,3	18	2	26	1	5	-	-	5	936								
113	Кімн. адмін	ФС	Пн	2,5	4,3	10,75	2	26	1	10	10	10	-	30	726	3600	24	4,3	154	354	Carrier 42N	1 шт
		ФС	Сх	9,6	4,3	41	2	26	1	5	10	-	-	115	2146							
		ФС	Пд	2,5	4,3	10,75	2	26	1	-	10	10	-	20	726							
113А	Кори дор	ФС	Сх	5,6	4,3	24	2	26	1	5	10	10	-	255	1252	3488	58	4,3	183	3671	Carrier 42N	1 шт
		ФС	Пд	10	4,3	43	2	26	1	-	10	-	-	10	2236							
113Б	Кори дор	ФС	Сх	4,2	4,3	18	2	26	1	5	10	-	-	15	940	940	16	4,3	99	1039	Carrier 42N	1 шт
114	Кімн. відпо чинку	ФС	Сх	9,6	4,3	41,3	2	26	1	5	10	5	-	20	2146	3890	65	4,3	200	4090	Carrier 42N	1 шт
		ФС	Пд	7,8	4,3	33,5	2	26	-	-	10	-	-	10	1744							

Продовження таблиці В. Тепловтрати приміщень 1-го поверху.

Но мер кі мн	Назва	Поз- наче- ння	Орі- є- нта- ція	Розміри,м		Пло- ща, м ²	К Вт/ м ² К	Δt °С	n	Додаткові тепловтрати					Тепл. конст. Вт	Тепл. при м Вт	Пл ощ а Пр им. М ²	Ви сот а при мі щ м	Тепл. вент. Вт	Заг тепло втр Вт	Фанкойли	
				ши рин а	висот а					ор	ві тер	сті ни	две рі	Σ							типор озм	к- ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
116	Торг зал	ФС	Пд	27	4,3	116	2	26	1	-	10	5	-	15	6040	22644	837	4,3	4020	26644	Carrier 42N	1 шт
		ФС	Зх	45	4,3	193	2	26	1	10	10	5	-	25	10062							
		ДЗ	Зх	5,6	2,5	14	2	26	1	-	10	-	-	10	728							
		ФС	Пн	26	4,3	112	2	26	1	10	10	5	-	25	5800							
110	Офіс. прим	ФС	Пн	10	4,3	43	2	26	1	10	10	10	-	30	2236	4920	122	4,3	520	5440	Carrier 42N	1 шт
		ФС	Пд	12	4,3	52	2	26	1	10	-	-	-	10	2683							
115	Техн прим	ФС	Сх	2,5	4,3	10,75	2	26	1	10	10	10	-	30	726	726	24	4,3	154	880	Carrier 42N	1 шт

Продовження таблиці В.Тепловтрати приміщень 3-го поверху.

Но мер кі мн	Назва	Позначення	Орієнтація	Розміри,м		Площа, м ²	К Вт/м ² К	Δt °С	n	Додаткові тепловтрати					Тепл. конст. Вт	Тепл. прим Вт	Площа Прим. М ²	Висота приміщ м	Тепл. вент. Вт	Заг тепло втр Вт	Фанкойли	
				ширина	висота					ор	вітер	стіни	двері	Σ							типорозм	к-ть
301	Сход кліт	ЗС	Пн	2,5	3	7,5	0,5	24	1	10	10	-	-	20	90	90	6,3	3	-	90	-	-
307	Сан. вузол	ЗС	Пн	6,8	3	20	0,5	24	1	10	10	-	-	20	290	290	15	3	150	443	Carrier 42N	1 шт
311	Техн прим	ЗС	Пн	3,5	3	15	0,5	24	1	10	10	5	-	25	215	901	27	3	210	1111	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Сх	2,4	1,75	2,1	2,56	24	-	10	10	-	-	10	175							
		ВТ	Сх	2,4	1,75	2,18	2,56	24	-	10	10	-	-	10	175							
		ЗС	Сх	9,6	3	28,8	0,2	24	-	10	10	5	-	25	345							
313	Адм прим	ЗС	Сх	7,7	3	23	0,5	26	1	5	10	5	-	20	360	2120	83	3	360	2478	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Сх	4,8	1,7	8,2	2,56	26	-	5	10	-	-	15	624							
		ВТ	Пд	4,8	1,7	8,2	2,56	26	-	-	10	-	-	10	603							
		ЗС	Пд	12	3	36	0,5	26	1	-	10	5	-	15	531							
312	Спорт зал	ЗС	Зх	7,7	3	23	0,5	26	1	5	10	5	-	20	360	2120	83	3	360	2478	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Зх	4,8	1,7	8,2	2,56	26	-	5	10	-	-	15	624							
		ВТ	Пд	4,8	1,7	8,2	2,56	26	-	-	10	-	-	10	603							
		ЗС	Зх	12	3	36	0,5	26	1	-	10	5	-	15	531							
310	Підс. Прим.	ЗС	Пн	3,5	3	15	0,5	24	1	10	10	5	-	25	215							
		ВТ	Сх	2,4	1,75	2,1	2,56	24	-	10	10	-	-	10	175							

Продовження таблиці В: тепловтрати приміщення 5-го поверху

Но мер кі мн	Назва	Поз- наче- ння	Орі- єн- та- ція	Розміри,м		Пло- ща, м ²	К Вт/ м ² К	Δt °C	n	Додаткові тепловтрати					Тепл. конст. Вт	Тепл. при м Вт	Пл ощ а Пр им. М ²	Ви сот а при мі щ м	Тепл. вент. Вт	Заг тепло втр Вт	Фанкойли	
				ши рин а	висот а					ор	ві тер	сті ни	двері	Σ							типор озм	к- ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
601	Кух ня	ЗС	Пн	4	3	13,6	0,5	24	1	10	10	5	-	25	163	560	12	3	106	666	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Пн	1,3	1,7	2,2	2,56	24	1	10	10	-	-	20	133							
		Д	Пн	0,7	2,1	1,47	2,56	24	-	10	10	-	-	115	90							
602	Вітал ья	ЗС	Пн	4	3	12	0,5	26	1	10	10	5	-	25	195	362	14	3	182	544	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Пн	1,2	1,75	2,1	2,56	26	1	10	-	-	20	166								
603	Спал ья	ЗС	Пн	4,3	3	13,2	0,5	26	1	10	10	5	-	25	215	940	14	3	154	1094	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Пн	1,2	1,75	2,1	2,56	26	-	-	10	-	-	10	175							
		Зс	Сх	4	3	12	0,5	26	1	10	10	5	-	25	180							
		ВТ	Сх	0,7	1,75	2,18	2,56	26	-	-	10	-	-	10	166							
604	Вітал ья	ЗС	Сх	4,8	3	14,4	0,5	26	1	5	10	-	-	15	215	445	13	3	183	628	Carri er 42N	1 шт
		ВТ	Сх	2,4	1,7	3,3	2,56	26	-	5	10	-	-	15	230							
605	Кухн я	ЗС	Сх	4,6	3	13,8	0,5	24	1	5	10	5	-	20	190	644	14	2,9	469,1	931,1	Carrier 42N	1 шт
		Д	Сх	0,7	2,1	1,47	2,56	24	-	5	10	-	10	25	184							
		ВТ	Сх	1,2 5	1,75	2,18	2,56	24	-	5	10	-	-	15	154							
		ЗС	Пд	2,9	3	8,7	0,5	24	-	-	10	5	-	5	110							
606	Спал ья	ЗС	Сх	5,3	3	15,9	0,5	26	1	5	10	5	-	20	238	558	12	3	170	758	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Сх	2,4	1,75	4,2	2,56	26	-	5	10	-	-	15	320							

Продовження таблиці В: тепловтрати приміщення 5-го поверху

Но мер кі мн	Назва	Поз- наче- ння	Орі- єн- та- ція	Розміри,м		Пло- ща, м ²	К Вт/ м ² К	Δt °С	n	Додаткові тепловтрати					Тепл. конст. Вт	Тепл. при м Вт	Пл ощ а Пр им. М ²	Ви сот а при мі щ м	Тепл. вент. Вт	Заг тепло втр Вт	Фанкойли	
				ши рин а	висот а					ор	ві тер	сті ни	двері	Σ							типор озм	к- ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
607	Кух ня	ЗС	Сх	4,2	3	12,6	0,5	26	1	10	10	5	-	25	163	1120	10	3	154	1174	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Сх	1,2	1,7	2,1	2,56	26	-	10	10	-	-	20	139							
		Д	Сх	0,7	2,1	1,47	2,56	26	-	10	10	-	95	115	98							
		Зс	Пд	6	3	18	0,5	26	1	-	10	5	-	15	234							
		ВТ	Пд	2,4	1,75	4,2	2,56	26	1	-	10	-	-	10	280							
608	Вігал ья	ЗС	Пд	4,2	3	12,6	0,5	26	1	-	10	5	-	15	163	545	14	3	190	735	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Пд	1,2 5	1,75	2,18	2,56	26	1	-	-	-	-	154								
		Д	Пд	0,4	2,1	1,47	2,56	26	-	-	-	-	-	98								
609	Спал ья	ЗС	Пд	3,5	3	10,5	0,5	24	1	-	10	5	-	15	126	473	15	3	125	598	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Пд	1,2 5	1,75	2,18	2,56	24	-	-	10	-	-	10	134							
		Д	Пд	0,7	0,7	1,47	2,56	24	-	1	10	-	95	105	92							
619	Кори дор	ВТ	Пн	9,4	3	28,2	2,56	22	-	10	10	-	-	20	1905	1905	27	3	240	2145	Carrier 42N	2 шт

Продовження таблиці В : тепловтрати приміщення 5-го поверху

Но мер кі мн	Назва	Поз- наче- ння	Орі єн- та- ція	Розміри,м		Пло- ща, м ²	К Вт/ м ² К	Δt °C	n	Додаткові тепловтрати					Тепл. конст. Вт	Тепл. при м Вт	Пл ощ а Пр им. М ²	Ви сот а при мі щ м	Тепл. вент. Вт	Заг тепло втр Вт	Фанкойли	
				ши рин а	висот а					ор	ві тер	сті ни	двері	Σ							типор озм	к- ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
610	Кухня	ЗС	Пн	4	3	13,6	0,5	24	1	10	10	5	-	25	163	560	12	3	106	666	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Пн	1,3	1,7	2,2	2,56	24	1	10	10	-	-	20	133							
		Д	Пн	0,7	2,1	1,47	2,56	24	-	10	10	-	-	115	90							
611	Вітальня	ЗС	Пн	4	3	12	0,5	26	1	10	10	5	-	25	195	362	14	3	182	544	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Пн	1,2	1,75	2,1	2,56	26	1	10	-	-	20	166								
612	Спальня	ЗС	Пн	4,3	3	13,2	0,5	26	1	10	10	5	-	25	215	940	14	3	154	1094	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Пн	1,2	1,75	2,1	2,56	26	-	-	10	-	-	10	175							
		Зс	Сх	4	3	12	0,5	26	1	10	10	5	-	25	180							
		ВТ	Сх	0,7	1,75	2,18	2,56	26	-	-	10	-	-	10	166							
613	Вітальня	ЗС	Сх	4,8	3	14,4	0,5	26	1	5	10	-	-	15	215	445	13	3	183	628	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Сх	2,4	1,7	3,3	2,56	26	-	5	10	-	-	15	230							
614	Кухня	ЗС	Сх	4,6	3	13,8	0,5	24	1	5	10	5	-	20	190	644	14	2,9	469,1	931,1	Carrier 42N	1 шт
		Д	Сх	0,7	2,1	1,47	2,56	24	-	5	10	-	10	25	184							
		ВТ	Сх	1,25	1,75	2,18	2,56	24	-	5	10	-	-	15	154							
		ЗС	Пд	2,9	3	8,7	0,5	24	-	-	10	5	-	5	110							
615	Спальня	ЗС	Сх	5,3	3	15,9	0,5	26	1	5	10	5	-	20	238	558	12	3	170	758	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Сх	2,4	1,75	4,2	2,56	26	-	5	10	-	-	15	320							

Продовження таблиці В. Тепловтрати приміщень 5-го поверху.

Но мер кі мн	Назва	Поз- наче- ння	Орі- єн- та- ція	Розміри,м		Пло- ща, м ²	К Вт/ м ² К	Δt °C	n	Додаткові тепловтрати					Тепл. конст. Вт	Тепл. при м Вт	Пл ощ а Пр им. М ²	Ви сот а при мі щ м	Тепл. вент. Вт	Заг тепло втр Вт	Фанкойли	
				ши рин а	висот а					ор	ві тер	сті ни	двері	Σ							типор озм	к- ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
616	Кухня	ЗС	Сх	4,2	3	12,6	0,5	26	1	10	10	5	-	25	163	1120	10	3	154	1174	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Сх	1,2	1,7	2,1	2,56	26	-	10	10	-	-	20	139							
		Д	Сх	0,7	2,1	1,47	2,56	26	-	10	10	-	95	115	98							
		Зс	Пд	6	3	18	0,5	26	1	-	10	5	-	15	234							
		ВТ	Пд	2,4	1,75	4,2	2,56	26	1	-	10	-	-	10	280							
617	Вітал ья	ЗС	Пд	4,2	3	12,6	0,5	26	1	-	10	5	-	15	163	545	14	3	190	735	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Пд	1,2 5	1,75	2,18	2,56	26	1	-	-	-	-	154								
		Д	Пд	0,4	2,1	1,47	2,56	26	-	-	-	-	-	98								
618	Спал ья	ЗС	Пд	3,5	3	10,5	0,5	24	1	-	10	5	-	15	126	473	15	3	125	598	Carrier 42N	1 шт
		ВТ	Пд	1,2 5	1,75	2,18	2,56	24	-	-	10	-	-	10	134							
		Д	Пд	0,7	0,7	1,47	2,56	24	-	1	10	-	95	105	92							

Додаток Г

Таблиця Г– Гідравлічний розрахунок системи опалення

Відгалудження 1										
Номер ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \zeta$	Z, Па	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	4404	316	3.32	20	0.26	70	234	4.4	145	
2	3689	255	4.9	20	0.22	45	220	4.4	104	
3	3142	209	4.6	15	0,27	110	506	1,5	5,3	
4	2048	165	3,45	15	0,25	30	103	3,7	11	
5	1438	123	5,4	15	0,18	4,3	232	5,9	9,3	
6	760	65	6,3	15	0,1	16	100,8	5,6	2,8	
$\Sigma=28$							$\Sigma=1395$		$\Sigma=277$	
Відгалудження 2										
7	3967	340	0,4	20	0,26	65	26	0,5	16,5	
8	3367	288	8,28	20	0,24	52	430	9,9	280	
9	2634	225	6,5	20	0,18	3,5	227	5,9	93	
10	1356	116	2,78	15	0,16	3,6	100	3,7	46	
11	758	65	5,7	15	0,1	15	8,5	4,4	22	
$\Sigma=23,8$							$\Sigma=792$		$\Sigma=458$	

Продовження таблиці Г– Гідравлічний розрахунок системи опалення

Відгалудження 3									
Номер ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \zeta$	Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4404	316	3.32	20	0.26	70	234	4.4	145
2	3689	255	4.9	20	0.22	45	220	4.4	104
3	3142	209	4.6	15	0,27	110	506	1,5	5,3
4	2048	165	3,45	15	0,25	30	103	3,7	11
5	1438	123	5,4	15	0,18	4,3	232	5,9	9,3
6	760	65	6,3	15	0,1	16	100,8	5,6	2,8
$\Sigma=28$				$\Sigma=1395$				$\Sigma=227$	
Відгалудження 4									
7	3967	340	0,4	20	0,26	65	26	0,5	16,5
8	3367	288	8,28	20	0,24	52	430	9,9	280
9	2634	225	6,5	20	0,18	3,5	227	5,9	93
10	1356	116	2,78	15	0,16	3,6	100	3,7	46
11	758	65	5,7	15	0,1	15	8,5	4,4	22
$\Sigma=23,8$				$\Sigma=792$				$\Sigma=458$	

Продовження таблиці Г– Гідравлічний розрахунок системи опалення

Стояк 1									
Номер ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \zeta$	Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	61684	5287	3,3	50	0,67	130	496	2	440
2	57278	4909	3,3	50	0,62	120	383	2	376
3	52872	4531	3,3	50	0,6	110	368	2	352
4	48466	4154	3,3	50	0,53	80	246	2	275
5	44060	3776	3,3	50	0,48	65	215	2	154
6	39654	3384	3,3	50	0,44	55	181	2	189
7	35248	3021	3,3	50	0,4	45	148	2	156
8	30842	2643	3,3	40	0,55	123	406	2	296
9	26436	2266	3,3	40	0,5	95	314	2	245
10	22030	1888	3,3	40	0,38	60	198	2	141
11	17624	1150	3,3	32	0,42	65	214	3	173
12	13218	1132	3,3	32	0,38	70	231	2	142
13	8812	755	3,3	25	0,41	100	330	2	140
14	4406	377	3,3	25	0,18	22	72	2	32
			$\Sigma=46,2$				$\Sigma=3802$	$\Sigma=3093$	

Продовження таблиці Г– Гідравлічний розрахунок системи опалення

Стояк 2									
Номер ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \zeta$	Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	55538	4760	3,3	50	0,62	110	363	2	376
2	51571	4420	3,3	50	0,57	95	313	2	264
3	47604	4080	3,3	50	0,54	80	246	2	285
4	43637	3740	3,3	50	0,5	70	246	2	245
5	39670	3400	3,3	50	0,45	60	231	2	198
6	35703	3060	3,3	50	0,4	45	148	2	156
7	31736	2720	3,3	40	0,56	130	429	2	307
8	27769	2380	3,3	40	0,5	100	330	2	245
9	23802	2040	3,3	40	0,45	80	129	2	198
10	19835	1700	3,3	32	0,52	130	429	2	264
11	15868	1360	3,3	32	0,4	80	246	3	156
12	11901	1120	3,3	32	0,33	67	220	2	100
13	7934	680	3,3	25	0,32	70	231	2	98
14	3967	340	3,3	25	0,15	16	52	2	22
			$\Sigma=46,2$				$\Sigma=3613$	$\Sigma=2896$	

Продовження таблиці Г– Гідравлічний розрахунок системи опалення

Стояк 3										
Номер ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \zeta$	Z, Па	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	61684	5287	3,3	50	0,67	130	496	2	440	
2	57278	4909	3,3	50	0,62	120	383	2	376	
3	52872	4531	3,3	50	0,6	110	368	2	352	
4	48466	4154	3,3	50	0,53	80	246	2	275	
5	44060	3776	3,3	50	0,48	65	215	2	154	
6	39654	3384	3,3	50	0,44	55	181	2	189	
7	35248	3021	3,3	50	0,4	45	148	2	156	
8	30842	2643	3,3	40	0,55	123	406	2	296	
9	26436	2266	3,3	40	0,5	95	314	2	245	
10	22030	1888	3,3	40	0,38	60	198	2	141	
11	17624	1150	3,3	32	0,42	65	214	3	173	
12	13218	1132	3,3	32	0,38	70	231	2	142	
13	8812	755	3,3	25	0,41	100	330	2	140	
14	4406	377	3,3	25	0,18	22	72	2	32	
			$\Sigma=46,2$				$\Sigma=3802$	$\Sigma=3093$		

Продовження таблиці Г– Гідравлічний розрахунок системи опалення

Стояк 4									
Номер ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \zeta$	Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	55538	4760	3,3	50	0,62	110	363	2	376
2	51571	4420	3,3	50	0,57	95	313	1,5	264
3	47604	4080	3,3	50	0,54	80	246	1,5	285
4	43637	3740	3,3	50	0,5	70	246	1,5	245
5	39670	3400	3,3	50	0,45	60	231	3,5	198
6	35703	3060	3,3	50	0,4	45	148	2	156
7	31736	2720	3,3	40	0,56	130	429	2	307
8	27769	2380	3,3	40	0,5	100	330	2	245
9	23802	2040	3,3	40	0,45	80	129	2	198
10	19835	1700	3,3	32	0,52	130	429	2	264
11	15868	1360	3,3	32	0,4	80	246	3	156
12	11901	1120	3,3	32	0,33	67	220	2	100
13	7934	680	3,3	25	0,32	70	231	2	98
14	3967	340	3,3	25	0,15	16	52	2	22
			$\Sigma=46,2$				$\Sigma=3613$	$\Sigma=2896$	

Продовження таблиці Г– Гідравлічний розрахунок системи опалення

Номер ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \zeta$	Z, Па	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
33	290	25	9.5	15	0.05	2.5	24	1.5	1.8	
32	1191	102	7.7	15	0.15	30	231	3	33	
31	2251	193	5.4	20	0.18	33	178	1.5	24	
30	3311	284	12.6	20	0.23	50	630	1	26	
29	4371	375	5.4	25	0.18	20	108	1	35	
28	5431	467	7.7	25	0.22	35	260	3	48	
27	6332	544	0.9	25	0.26	50	4.5	1.5	56	
26	6622	569	5.9	25	0.27	56	330	3	42	
34	290	25	8.9	15	0.05	2.5	22	3	13	
			$\sum=64$				$\sum=1355$	$\sum=534$		

Продовження таблиці Г – Гідравлічний розрахунок системи опалення

Номер ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \zeta$	Z, Па	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
38	1600	137	5.9	15	0.19	50	295	3.5	24	
37	3200	257	5.8	20	0.2	40	232	2.0	35	
36	5020	432	3.9	20	0.25	80	312	1.5	28	
35	5746	494	7.9	25	0.25	40	319	3.5	43	
			$\sum=23.4$				$\sum=1248$	$\sum=132$		
45	1850	159	5.4	15	0.22	56	302	1.5	35	
44	3700	318	4.5	20	0.25	60	270	2.5	38	
43	5500	437	2.3	25	0.2	28	64	2.0	56	
42	7300	627	8.2	25	0.25	40	328	3.0	62	
41	9000	774	4.2	32	0.25	32	135	1.5	35	
40	10700	920	4.2	32	0.27	38	159	2.5	61	
49	1300	112	6.1	15	0.15	35	210	1.5	35	
48	2600	223	5.3	20	0.18	28	148	2.5	38	
47	3900	335	5.2	25	0.15	15	78	2.2	54	
46	4840	416	3.6	25	0.2	28	100	3.5	31	
39	15540	1336	28.2	40	0.25	30	840	5.5	86	
			$\sum=52.9$				$\sum=2354$	$\sum=592$		

Продовження таблиці Г– Гідравлічний розрахунок системи опалення

Номер ділянки	Теплове навантаження Q, Вт	Витрата теплоносія G, кг/год	Довжина ділянки l, м	d, мм	V, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \zeta$	Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
55	4000	344	1.6	20	0.25	65	302	1.5	35
54	4000	344	13.1	20	0.25	65	270	2.5	38
53	8000	688	2.1	32	0.2	20	64	2.0	56
52	12000	1032	6.9	32	0.3	50	328	3.0	62
51	16000	1376	5.2	40	0.3	40	135	1.5	35
56	12000	1032	1.4	32	0.3	50	159	2.5	61
57	8000	688	6.9	32	0.2	20	210	1.5	35
58	4000	344	6.8	20	0.25	65	148	2.5	38
59	6000	516	7.2	25	0.24	50	78	2.2	54
50	34000	2924	18.3	50	0.4	52	100	3.5	31
$\sum=72.6$				$\sum=1925$			$\sum=735$		

Додаток В. Таблица - Локальний кошторис на влаштування системи опалення.

**Локальний кошторис № 3-1-1
на тему**

Енергоефективні системи тепlopостачання житлової будівлі із використанням геотермального теплового насоса

Основа:
креслення (специфікації) № 08-13.МКР.009.00.000 ВДПКошторисна вартість 2537,820 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 4,958 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 86,425 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "15 листопада" 2025 р.

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт і витрат, одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
				всього	експлуатації машин	всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
									заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	C331-9-2	Перевезення інших вантажів транспортом загального призначення на відстань 30 км	8,95	<u>40,23</u>	<u>40,23</u>	360	-	<u>360</u>	-	-
2	E16-14-1	Прокладання трубопроводів опалення з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 20 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	4,28	<u>6382,88</u>	<u>1845,52</u>	27319	19420	<u>7899</u>	<u>268,96</u>	<u>1151</u>
		100м		4537,36	497,95			2131	28,34	121
3	C113-1681	Труби поліпропіленові PN 16 для опалення діам. 20x2,8 мм	428	<u>5,57</u>	-	2384	-	-	-	-
4	E16-14-2	Прокладання трубопроводів опалення з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 25 мм зі з'єднанням контактним зварюванням	1,14	<u>4707,56</u>	<u>1138,54</u>	5367	4069	<u>1298</u>	<u>211,56</u>	<u>241</u>
		100м		3569,02	306,75			350	17,47	20
5	C113-1674	Труби поліпропіленові PN 10 для опалення діам. 25x2,3 мм	114	<u>8,87</u>	-	1011	-	-	-	-
		М		--	-			-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	E16-14-3	Прокладання трубопроводів опалення з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 32 мм зі з'єднанням контактним зварюванням 100м	0,59	<u>3578,29</u> 2905,01	<u>673,28</u> 181,61	2111	1714	<u>397</u> 107	<u>172,20</u> 10,39	<u>102</u> 6
7	C113-1675	Труби поліпропіленові PN 10 для опалення діам. 32x2,9 мм М	59	<u>15,33</u> --	- -	904	-	- -	- -	- -
8	E16-14-4	Прокладання трубопроводів опалення з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 40 мм зі з'єднанням контактним зварюванням 100м	0,73	<u>4700,79</u> 3873,35	<u>827,44</u> 222,89	3432	2828	<u>604</u> 163	<u>229,60</u> 12,70	<u>168</u> 9
9	C113-1676	Труби поліпропіленові PN 10 для опалення діам. 40x3,7 мм М	73	<u>23,50</u> --	- -	1716	-	- -	- -	- -
10	E16-14-5	Прокладання трубопроводів опалення з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 50 мм зі з'єднанням контактним зварюванням 100м	1	<u>5134,77</u> 3325,33	<u>1809,44</u> 483,59	5135	3325	<u>1810</u> 484	<u>200,08</u> 27,33	<u>200</u> 27
11	C113-1677	Труби поліпропіленові PN 10 для опалення діам. 50x4,6 мм М	100	<u>34,75</u> --	- -	3475	-	- -	- -	- -
12	E16-14-6	Прокладання трубопроводів опалення з напірних поліетиленових труб високого тиску зовнішнім діаметром 63 мм зі з'єднанням контактним зварюванням 100м	0,82	<u>5132,72</u> 3325,33	<u>1807,39</u> 483,43	4209	2727	<u>1482</u> 396	<u>200,08</u> 27,32	<u>164</u> 22
13	C113-1678	Труби поліпропіленові PN 10 для опалення діам. 63x5,8 мм М	82	<u>53,15</u> --	- -	4358	-	- -	- -	- -
14	E18-6-2	Установлення фанкойлів 100кВт	3,77	<u>1807,17</u> 1500,32	<u>306,76</u> 113,66	6813	5656	<u>1156</u> 428	<u>96,92</u> 7,45	<u>365</u> 28
15	2407-806-1	Фанкойл опалювальний CARRIER 42N шт	364	<u>2793,16</u> --	- -	1016710	-	- -	- -	- -
16	E18-10-4	Установлення баків розширювальних круглих і прямокутних місткістю 0,3 м3 шт	1	<u>2784,09</u> 95,50	<u>12,30</u> 4,49	2784	96	<u>12</u> 4	<u>5,95</u> 0,28	<u>6</u> -
17	C130-13	Баки розширювальні круглі, місткість до 0,3 м3 шт	1	<u>2676,29</u> --	- -	2676	-	- -	- -	- -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18	E16-15-1	Установлення вентилів, засувок, затворів, клапанів зворотних, кранів прохідних на трубопроводах із сталевих труб діаметром до 25 мм	584	<u>47,61</u> 39,11	<u>8,50</u> 2,32	27804	22840	<u>4964</u> 1355	<u>2,41</u> 0,16	<u>1407</u> 91
		шт								
19	C113-2154	Поліетиленові кульові крани діам. 20 мм	568	<u>32,65</u>	-	18545	-	-	-	-
		шт		--	-			-	-	-
20	C113-2155	Поліетиленові кульові крани діам. 25 мм	16	<u>38,77</u>	-	620	-	-	-	-
		шт		--	-			-	-	-
21	E16-29-2	Гідравлічне випробування трубопроводів систем опалення, діаметром до 100 мм	14,23	<u>168,22</u> 165,14	<u>3,08</u> 0,24	2394	2350	<u>44</u> 3	<u>8,22</u> 0,02	<u>117</u> -
		100м								
22	E18-2-1	Установлення чіллера, теплопродуктивністю до 0,21 МВт [0,18 Гкал/год]	3	<u>1523,67</u> 1224,39	<u>299,28</u> 105,99	4571	3673	<u>898</u> 318	<u>75,44</u> 6,92	<u>226</u> 21
		шт								
23	241996-20606	Чіллер AQUICAT 2 ILDH 500V	3	<u>561000,00</u>	-	1683000	-	-	-	-
		шт		--	-			-	-	-
24	C331-9-2	Перевезення інших вантажів транспортом загального призначення на відстань 30 км	0,3	<u>40,23</u>	<u>40,23</u>	12	-	<u>12</u>	-	-
		т		--	-			-	-	-
		Разом прямі витрати по кошторису, грн.				2404710	68698	<u>20936</u> 5739		<u>4147</u> 345
		в тому числі:								
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.				1055076				
		всього заробітна плата, грн.				74437				
		Загальновиробничі витрати, грн.				58750				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.-год.				466				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.				11988				
		Додаткові витрати, пов'язані з транспортуванням, тарою та пакуванням, заготівельно-складськими витратами, а також на комплектацію і запчастини, грн.				74360				

		Устаткування, грн.				1260000				
		Додаткові витрати, пов'язані з транспортуванням, тарою та пакуванням, заготівельно-складськими витратами, а також на комплектацію і запчастини, грн.				74360				
		Всього устаткування, грн.				1334360				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		----- Прямі витрати будівельних робіт , грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. заробітна плата робітників, не зайнятих обслуговуванням машин, грн. заробітна плата в експлуатації машин, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.-год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього кошторисна вартість будівельних робіт , грн. кошторисна трудомісткість, люд.-год. кошторисна заробітна плата, грн. -----				1144710 1055076 68698 5739 58750 466 11988 1203460 4958 86425				
		Всього по кошторису, грн.				2537820				
		Кошторисна трудомісткість, люд.-год.				4958				
		Кошторисна заробітна плата, грн.				86425				

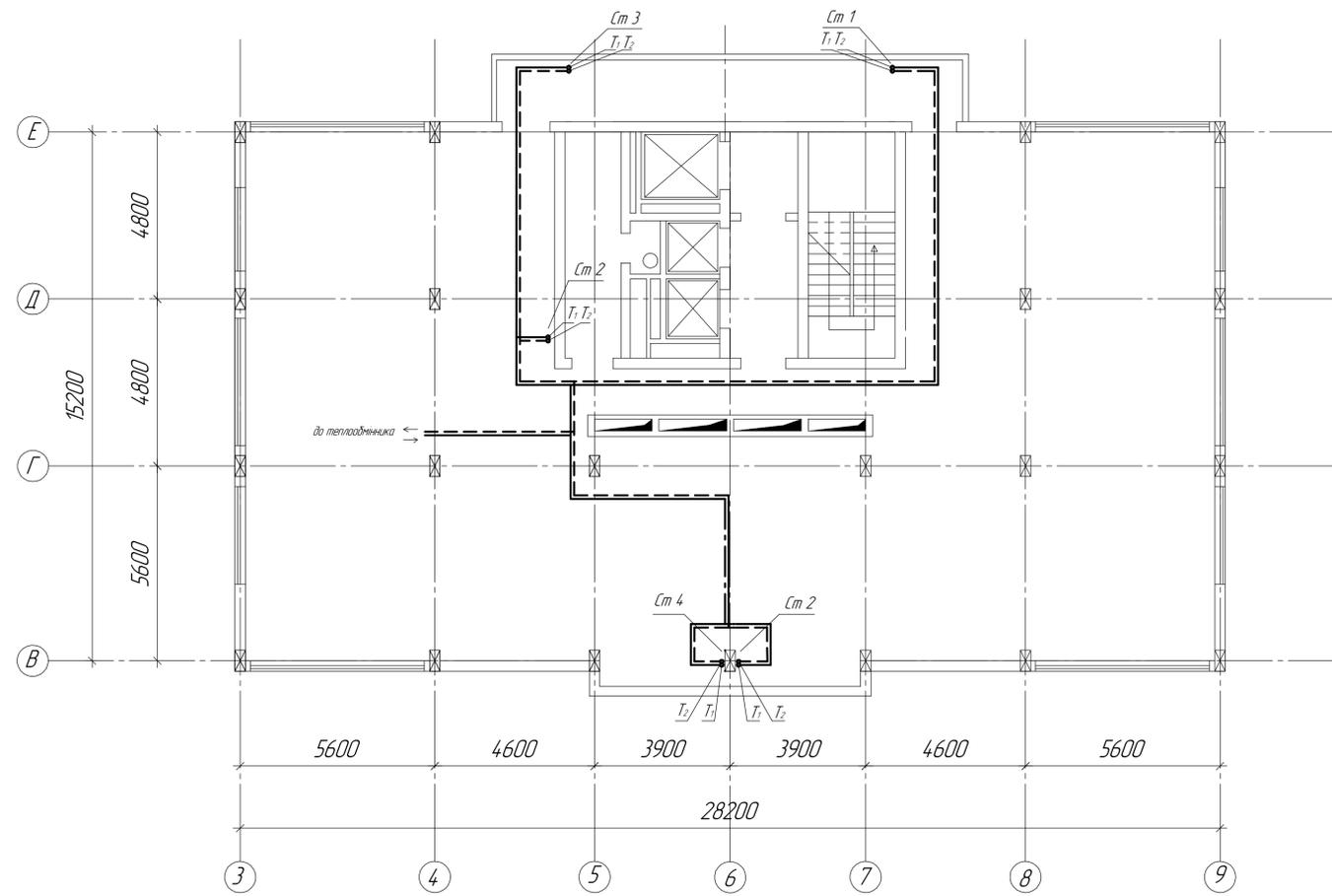
Склав _____ О.Б. Чебан

Перевірила _____ О.Г. Лялюк

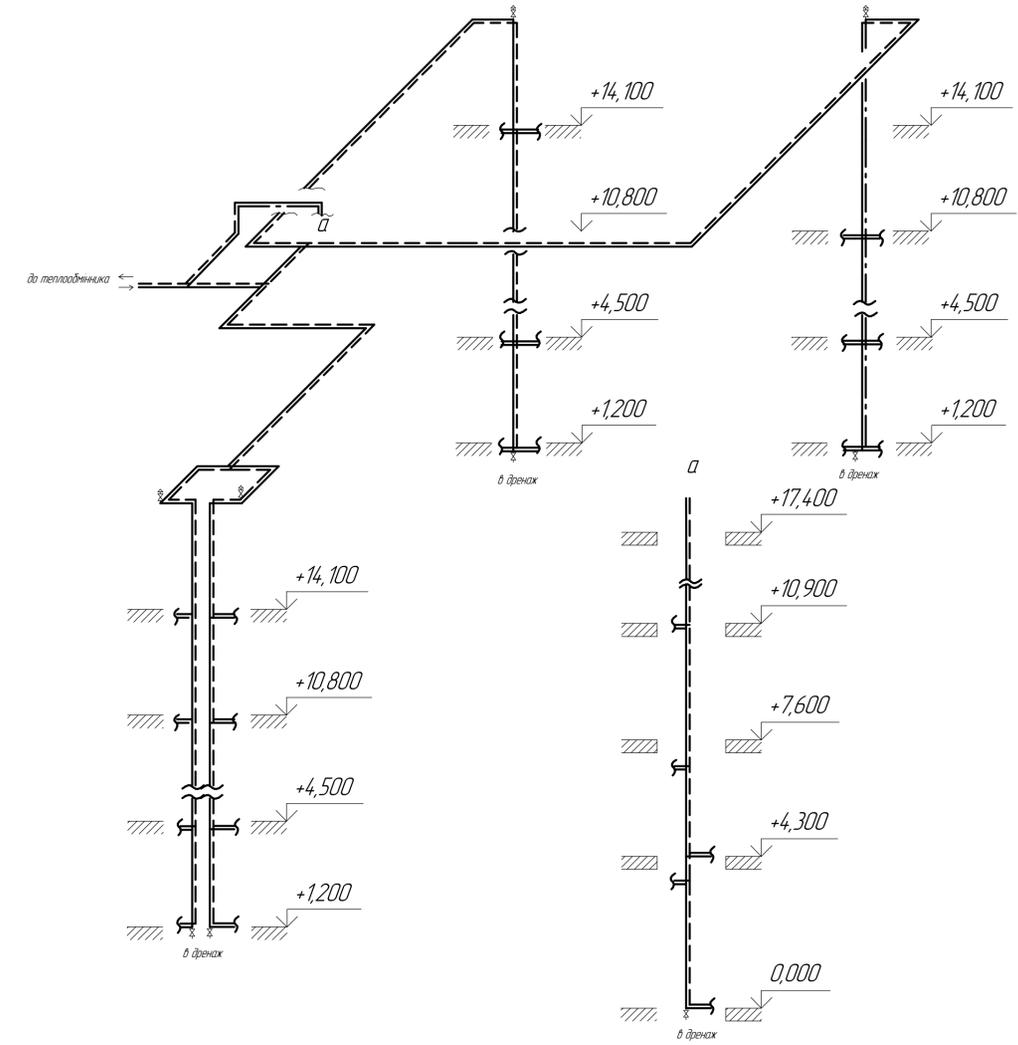
\

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

План поверху на відмітці +17,400



Аксонетрична схема стояків



Аксонетрична схема на відмітці +11,200

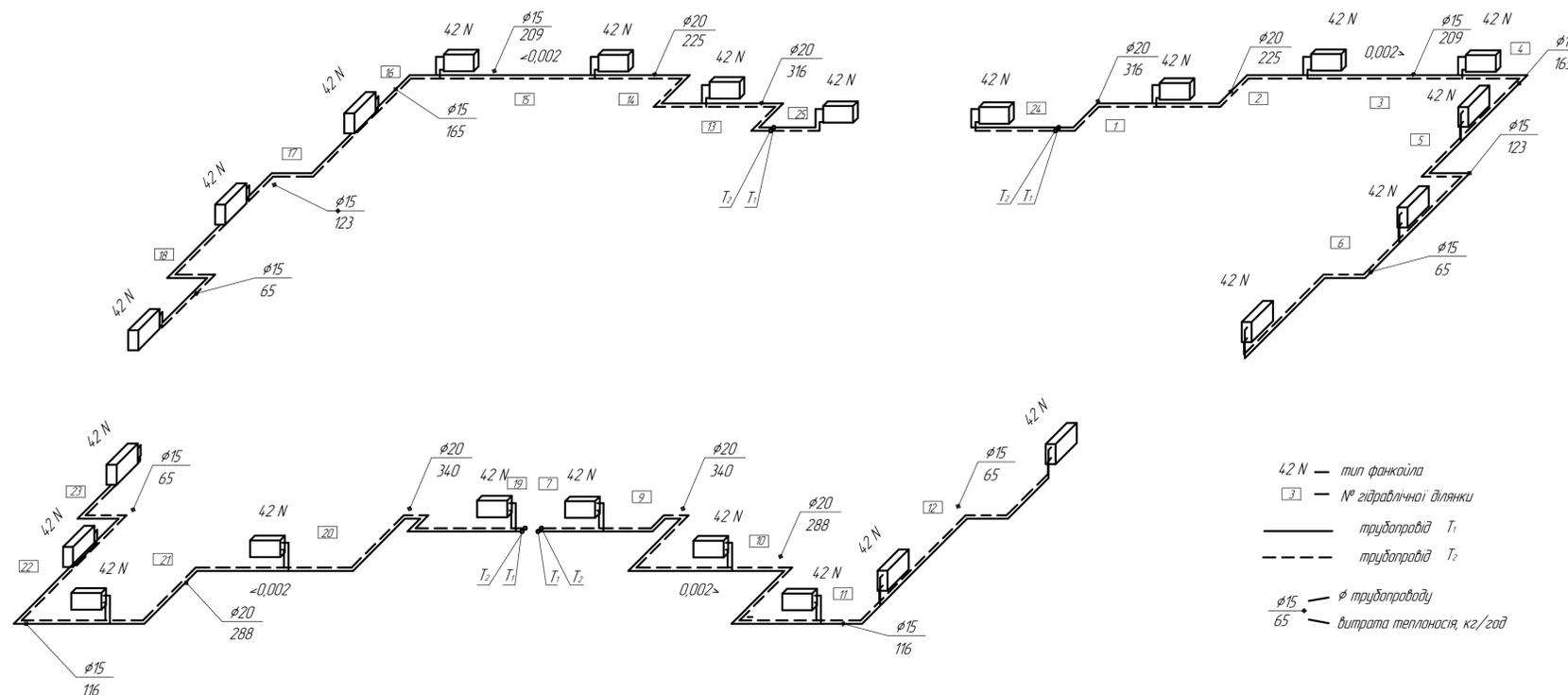
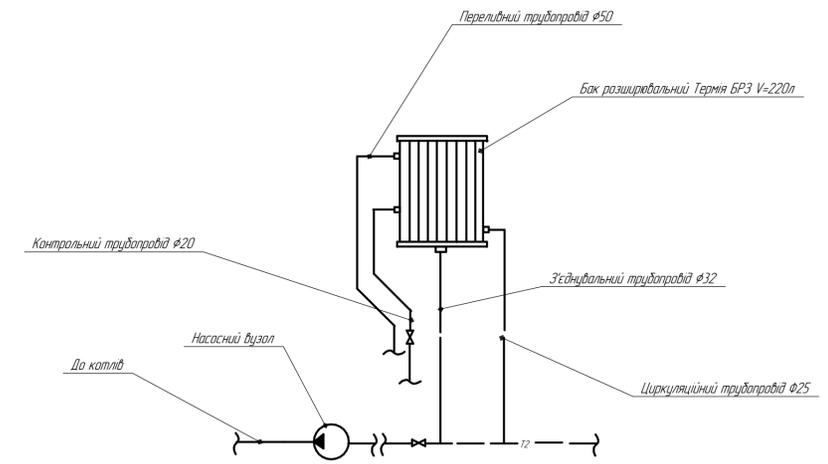


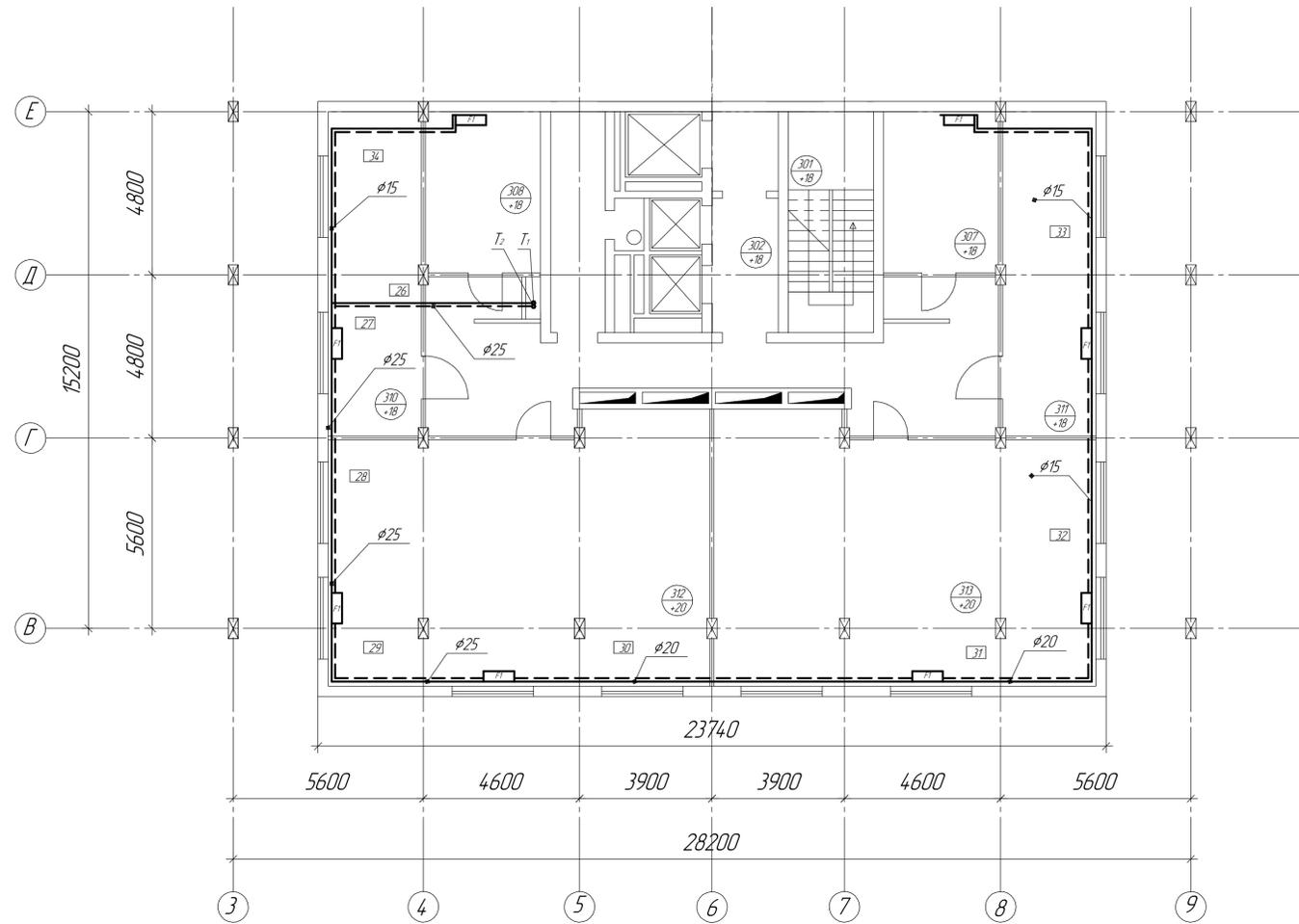
Схема об'язки розширювального бака



						08-13.МКР.009.03.000 ОВ			
						Енергоефективні системи теплостачання житлової будівлі із використанням геотермального теплового насоса			
Ізм.	Корект.	Лист	Проек.	Підп.	Дата	Система теплостачання	Стандія	Лист	Листов
Виконав	Чехдан О.Б.						МКР	3	10
Перевірив	Кач І.В.								
Опонавент	Попович М.М.								
Н. констр.	Ланкевич О.Д.								
Затв.	Резишнік Г.І.					ВНТУ, ТГ-24м			

Складено
 Лист і дата
 Взам. шиф. №
 Вид. № розр.

План поверху на відмітці +7,600



Аксонетрична схема на відмітці +7,600

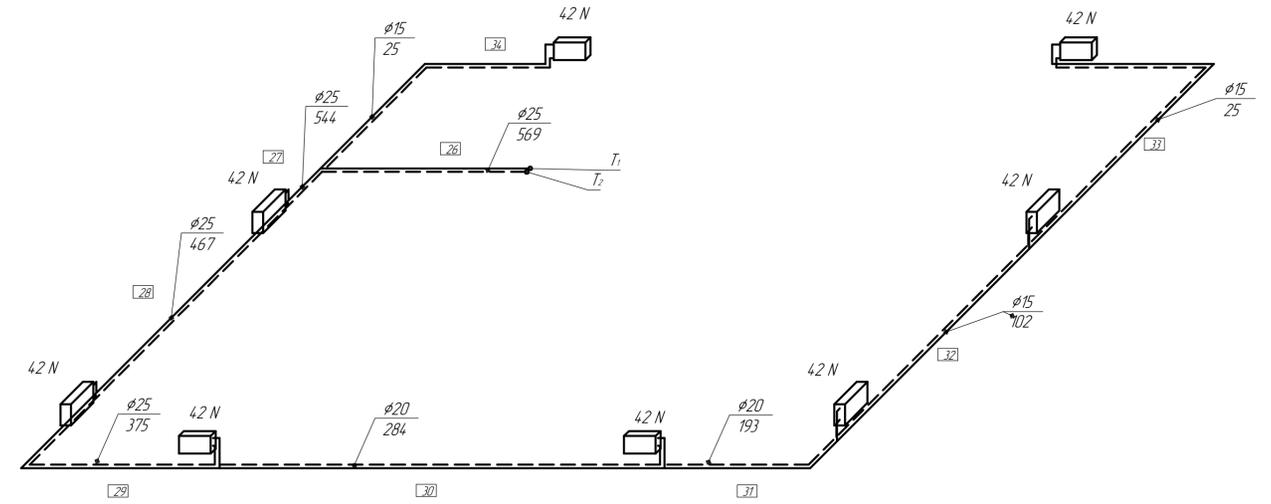
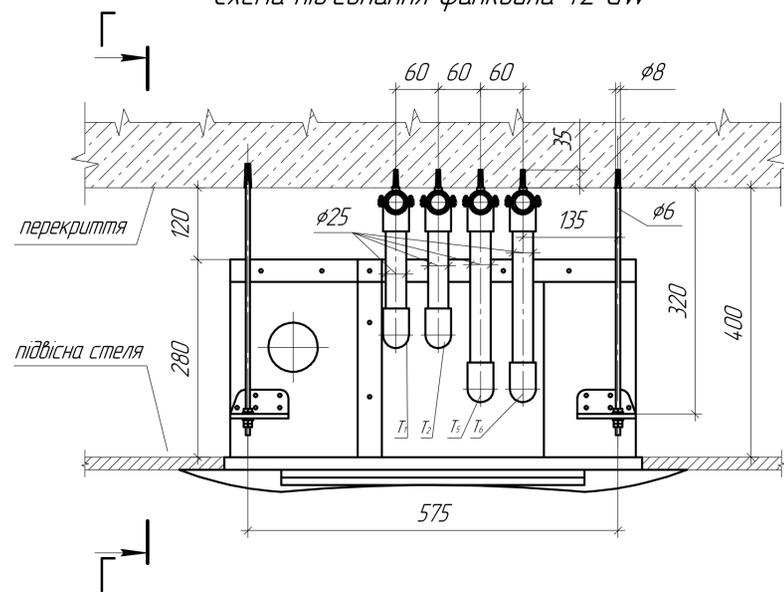
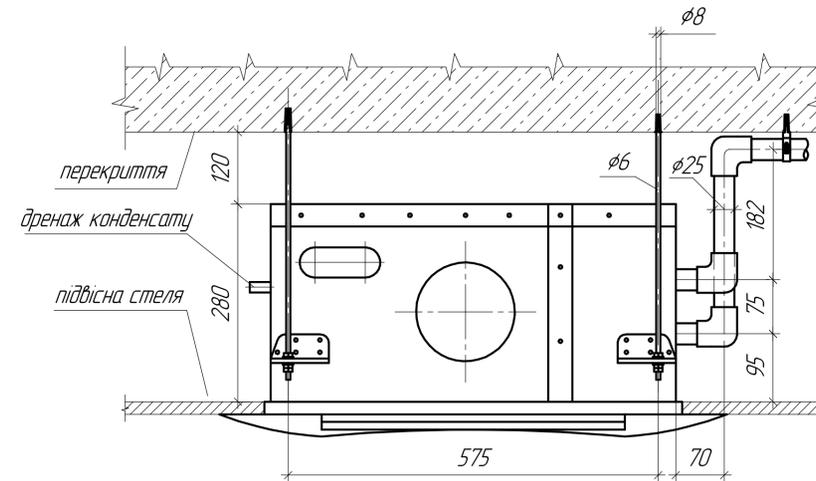


Схема під'єднання фанкойла 4.2 GW

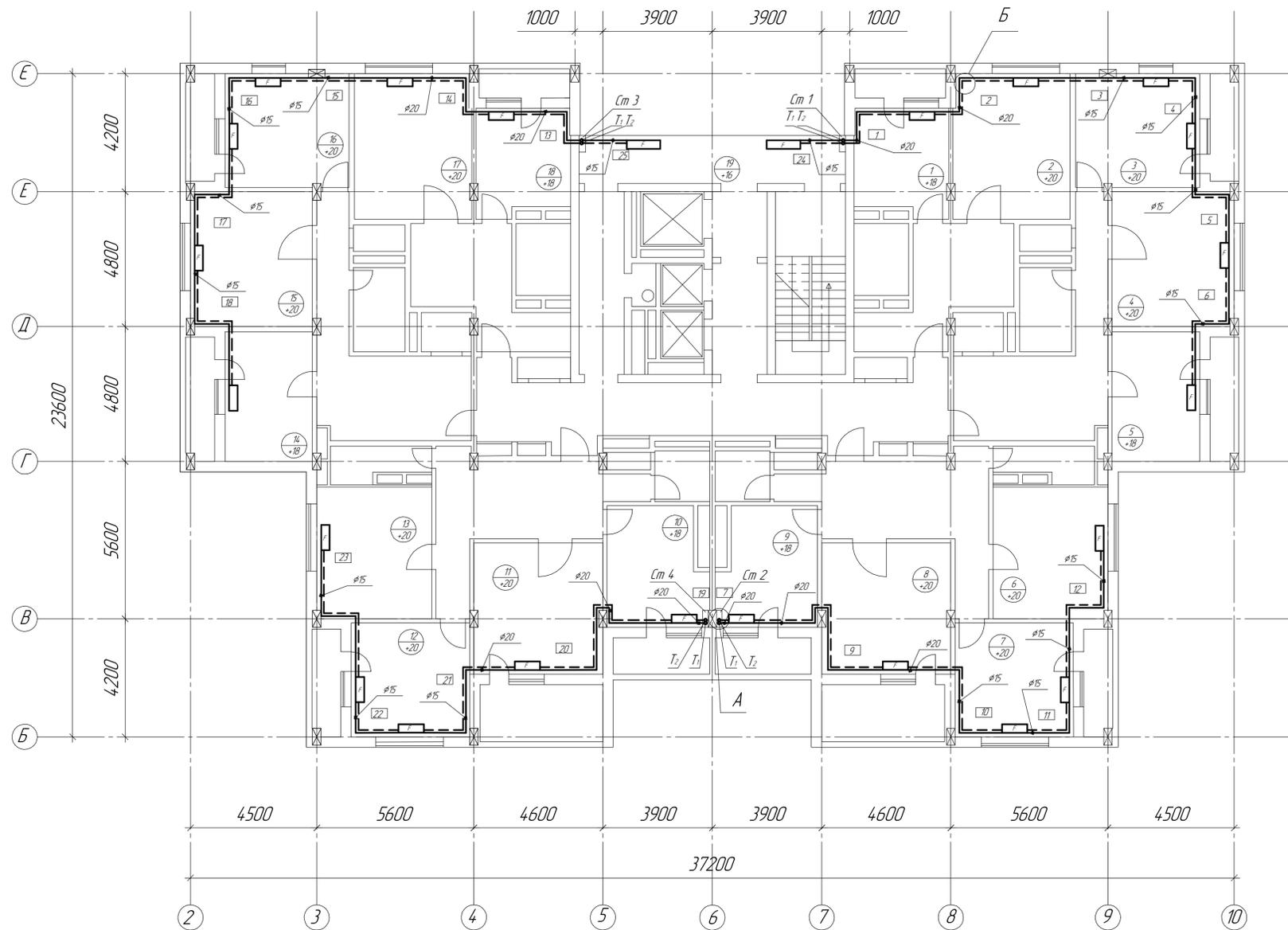


Г-Г

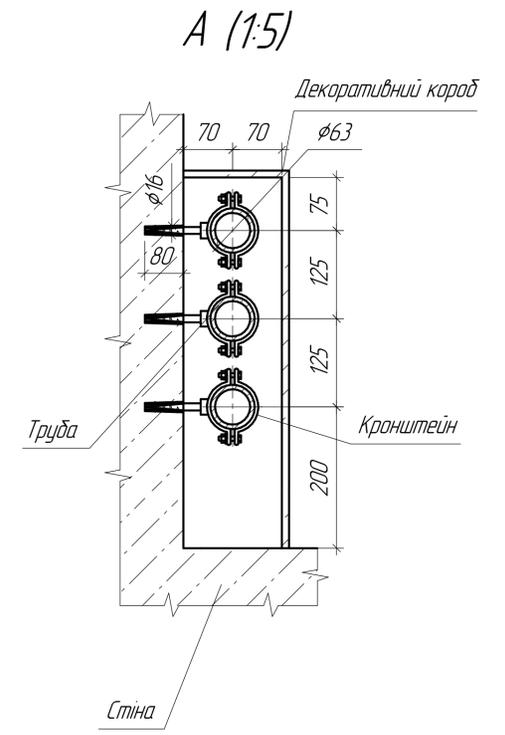


						08-13.МКР.009.04.000 ОВ			
						Енергоефективні системи теплостачання житлової будівлі із використанням геотермального теплового насоса			
Ім'я	Кваліфікація	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Система теплостачання	Стадія	Лист	Листов
Виконав	Чедан О.Б.						МКР	4	10
Перевірив	Кач І.В.								
ОпONENT	Полович М.М.					План поверху на відмітці +7,600, акс. сх. на відм. +7,600, розріз Г-Г, схема під'єднання фанкойла 4.2GW	ВНТУ, ТГ-24М		
Н. контр.	Лажкевич О.Д.								
Затв.	Ратичняк Г.І.								

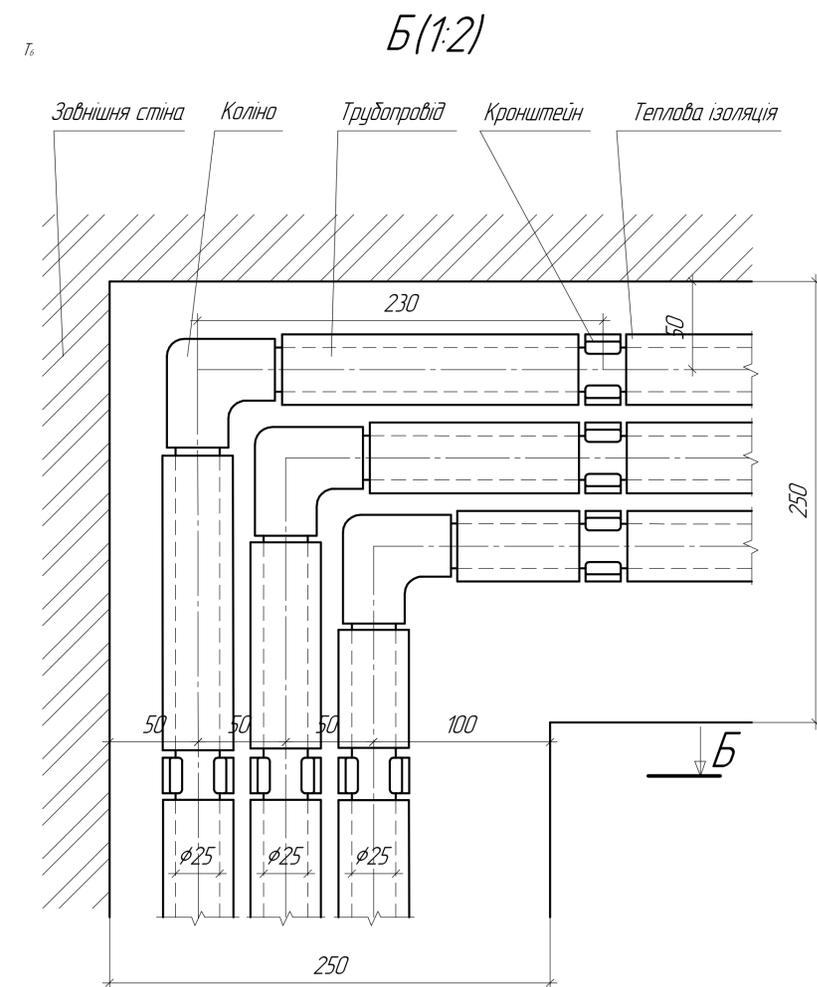
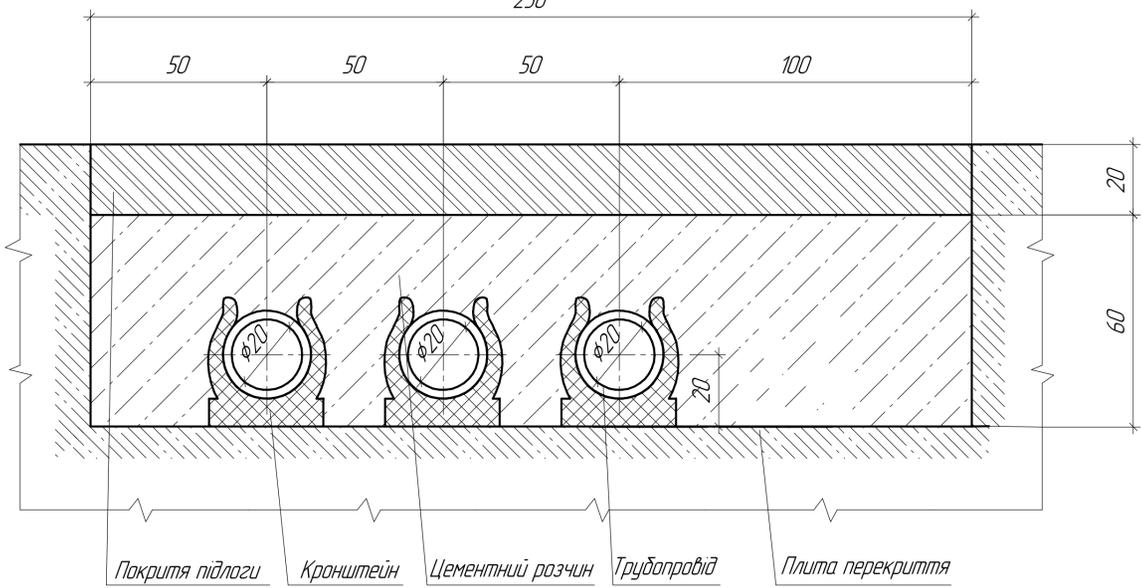
План поверху на відмітці +11,200



- фанкойл
- № гідролічної ділянки
- № приміщення
- розрахункова температура
- трубопровід T_1
- - - трубопровід T_2

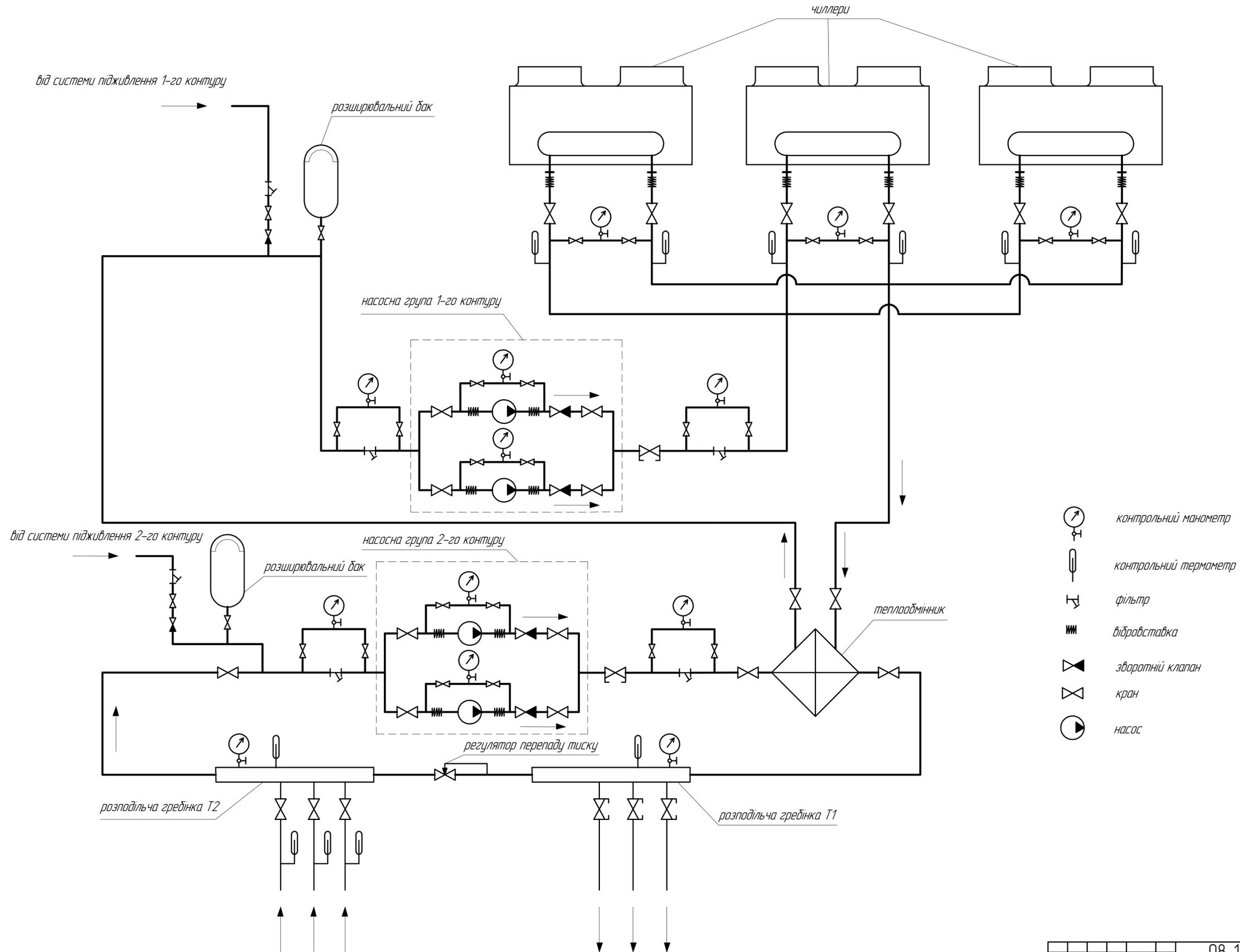


Б-Б (1:1)
250



						08-13.МКР.009.05.000 ОВ			
						Енергоефективні системи тепlopостачання житлової будівлі із використанням геотермального теплового насоса			
Ім'я	Кваліфікація	Лист	Розроб.	Підп.	Дата	Система тепlopостачання	Станд.	Лист	Листов
Виконав	Чедан О.Б.						МКР	5	10
Перевірив	Кач І.В.								
Опрант	Полубич М.М.								
Н. контр.	Лажкевич О.Д.								
Затв.	Ратушняк Г.І.								
						План поверху на відмітці 0,000		ВНТУ, ТГ-24м	

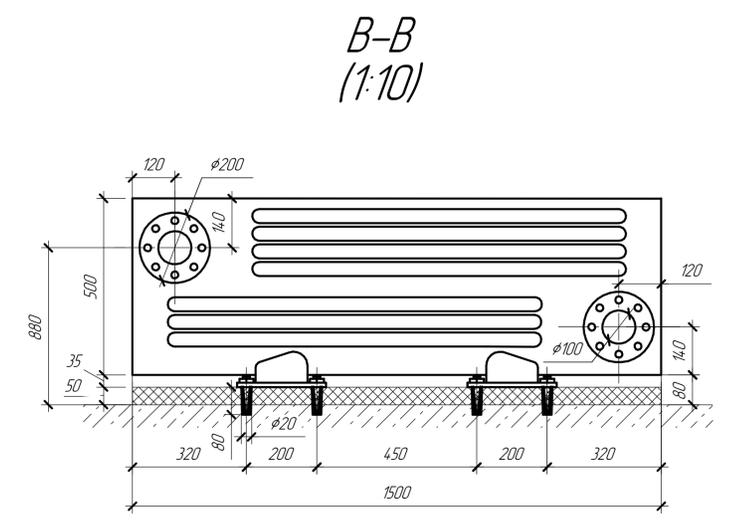
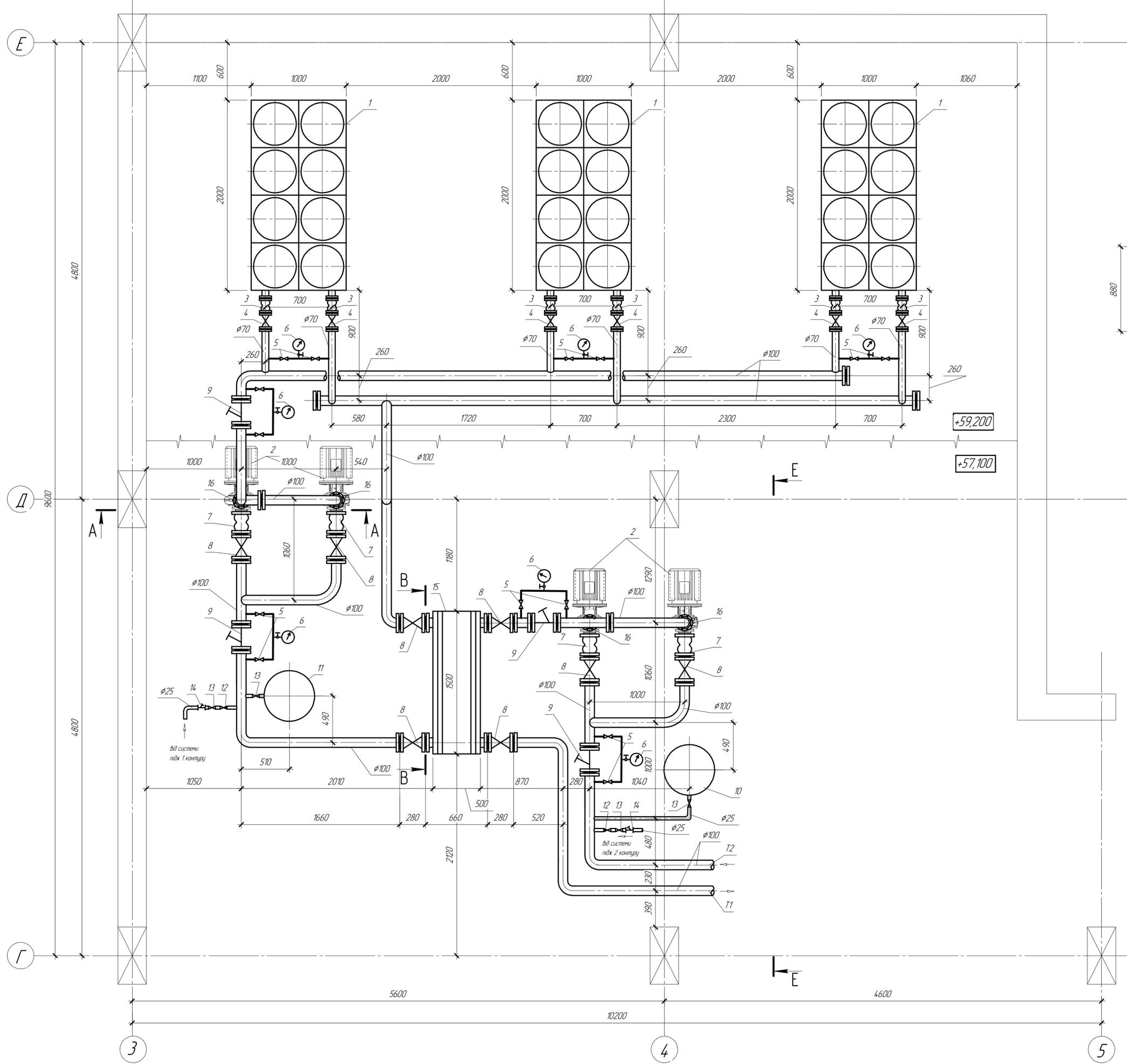
Схема обв'язки генератора тепла



Складено
Перевірив
Затв.

						08-13.МКР.009.06.000 ОВ			
						Енергоефективні системи теплостачання житлового будинку із використанням геотермального теплового насоса			
Изм.	Колыч	Лист	№рек.	Подп.	Дата	Система теплостачання	Стадія	Лист	Листов
Виконав	Чедан О.Б.					МКР	6	10	
Перевірив	Кач І.В.					Схема обв'язки генератора тепла		ВНТУ, ТГ-24м	
ОпONENT	Полович М.М.								
Н. контр.	Лажкевич О.Д.								
Затв.	Ратичняк Г.С.								

План поверху на відмітці +17,100 у вісях Г-Е; 3-5

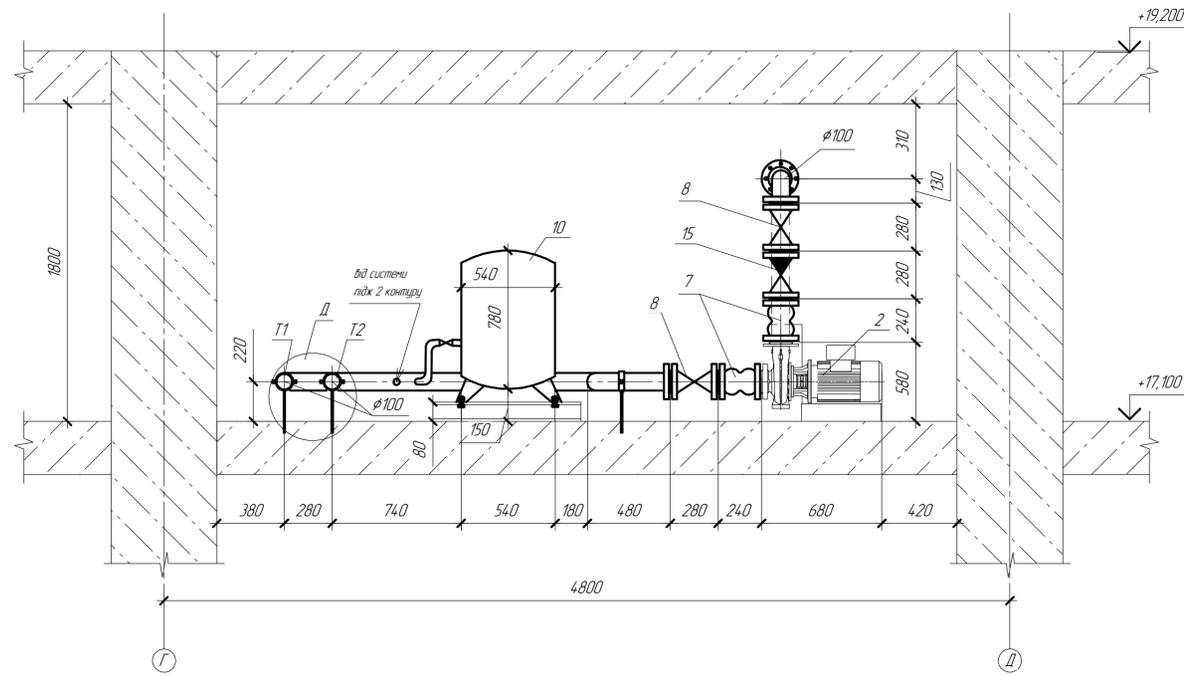


№ поз	Позначення	Найменування	Кількість	Маса од.	Примітка
1		AQUACIAT LDH-375Z	3	—	шт
2		Wilo Strato Top-S	4	—	шт
3		Відробівка Ду 70 мм	6	—	шт
4		Засівка Ду 70 мм	6	—	шт
5		Кран кульбовий Ду 15 мм	14	—	шт
6		Манометр МКТ 105 Ду 15 мм	7	—	шт
7		Відробівка Ду 100 мм	8	—	шт
8		Засівка Ду 100 мм	10	—	шт
9		Фільтр сітчастий Ду 100 мм	4	—	шт
10		Бак розширювальний BR3 V 200	1	—	шт
11		Бак розширювальний BR3 V 80	1	—	шт
12		Клапан зворотний Ду 25 мм	2	—	шт
13		Кран кульбовий Ду 25 мм	4	—	шт
14		Фільтр сітчастий Ду 25 мм	2	—	шт
15		Теплообмінник пластинчастий	1	—	шт
16		Клапан зворотний Ду 100 мм	4	—	шт

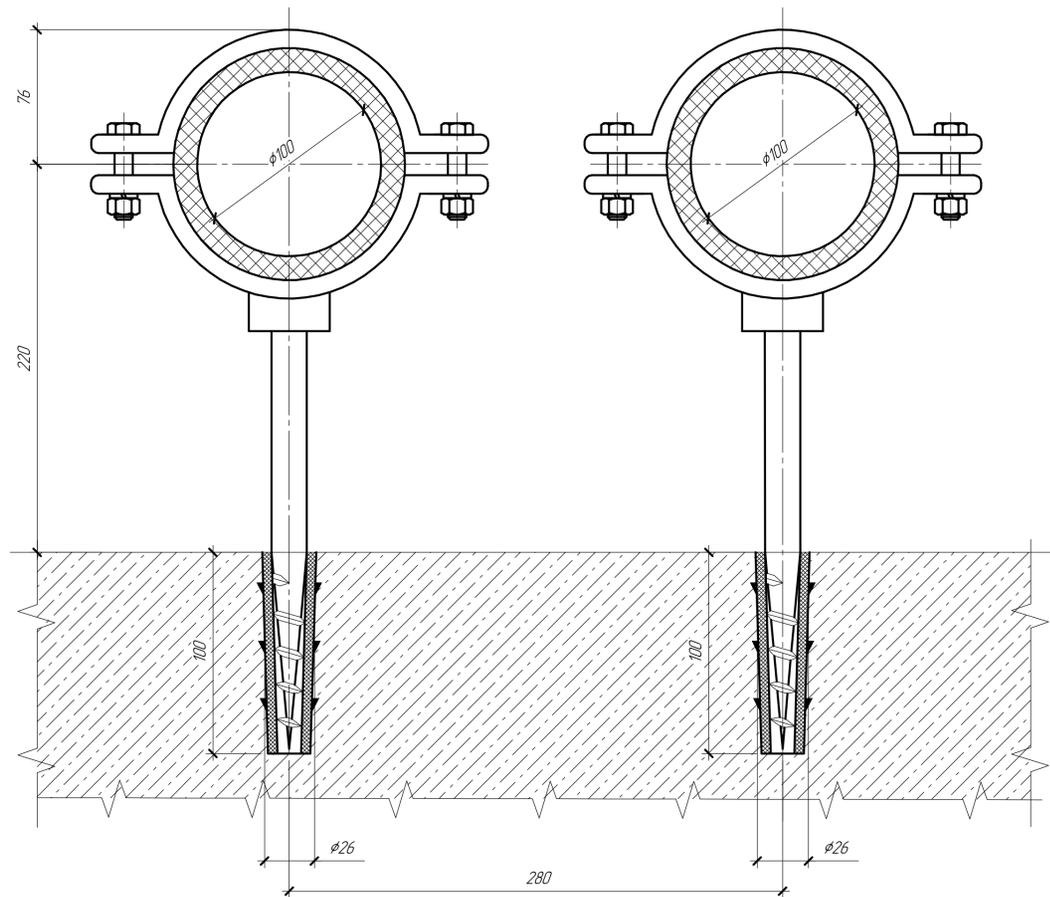
08-13.МКР.009.07.000 ОВ					
Енергоефективні системи тепlopостачання житлової будівлі із використанням геотермального теплового насоса					
Ім'я	Холця	Лист	№ рах.	Підп.	Дата
Виконав	Чедан О.Б.				
Перевірив	Кач І.В.				
Система тепlopостачання			МКР	7	10
План поверху на відмітці +17,100 у вісях Г-Е, 3-5			ВНТУ, ТГ-24м		
Опіанент	Полович М.М.				
Н. контроль	Ланкевич О.Д.				
Затв.	Ратичняк Г.І.				

Складено
 Підп. і дата
 Взам. инв. №
 № табл.
 Формат А1

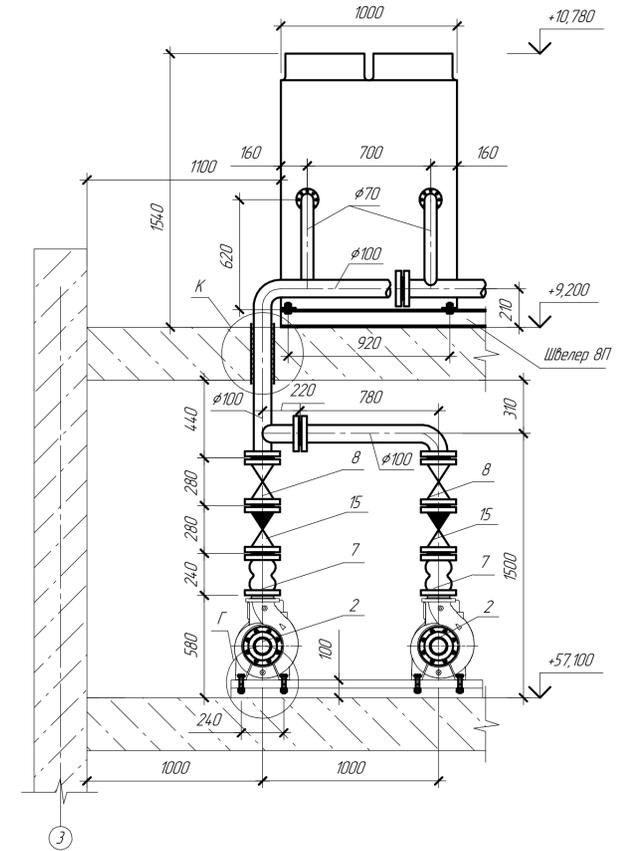
E-E (1:20)



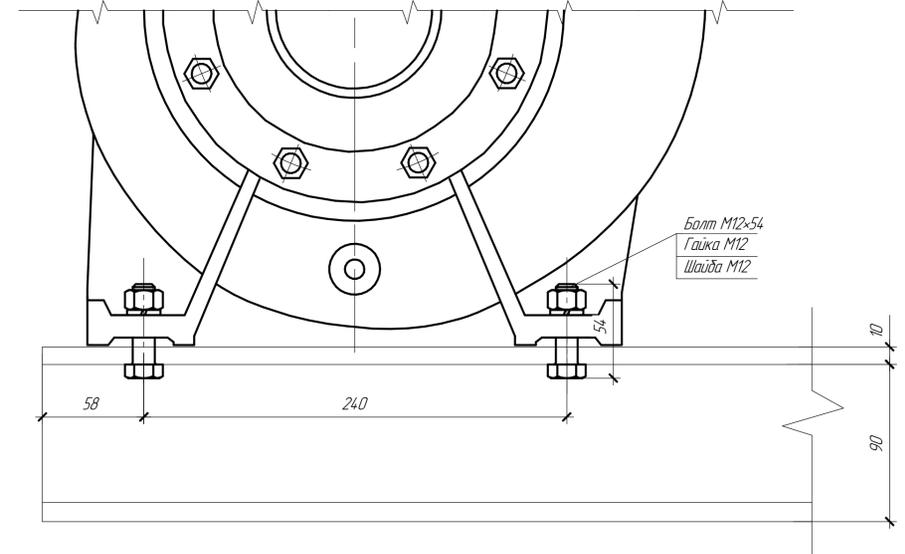
Д (1:2)



A-A (1:20)

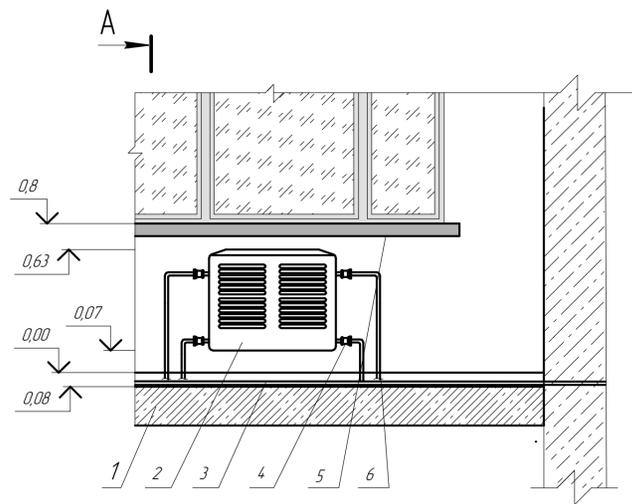


Г (1:2)



08-13.МКР.009.008.000 ОВ					
Енергоєфективні системи теплоснабчання житлової будівлі					
із використанням геотермального теплового насоса					
Ім'я	Кваліфікація	Лист	Проек.	Лист	Дата
Виконав	Чедан О.Б.				
Перевірив	Кач І.В.				
Система теплоснабчання			МКР	8	10
Опіконт.	Полович М.М.	Розрізи А-А, Е-Е,			ВНТУ, ТГ-24м
Н. контр.	Лажкевич О.Д.	Вузели Г, Д			
Затв.	Ратчиняк Г.І.				

Схема під'єднання фанкоїла 42N 1:20



- 1 – міжповерхове перекриття;
 2 – фанкойл;
 3 – система трубопроводів;
 4 – муфта;
 5 – підвіконня;
 6 – під'єднувальний трубовід.

A-A (1:5)

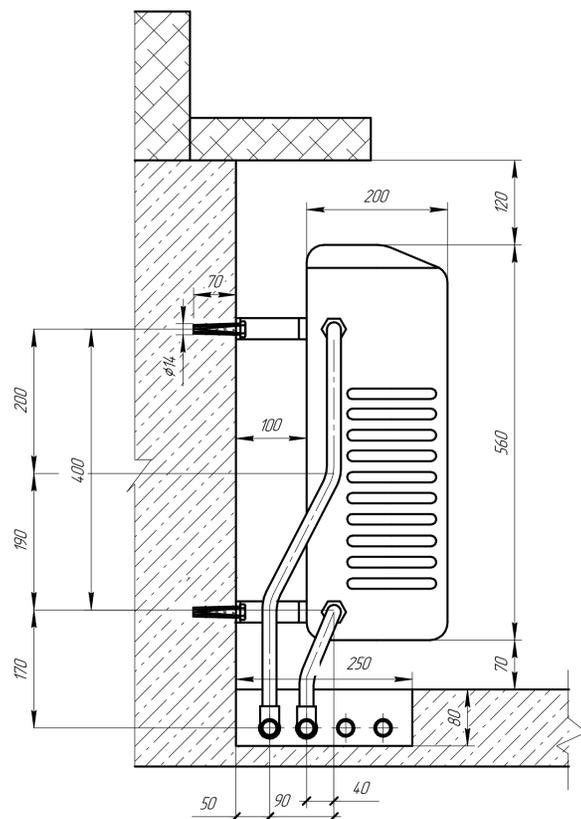


Схема кріплення трубопроводів до стелі

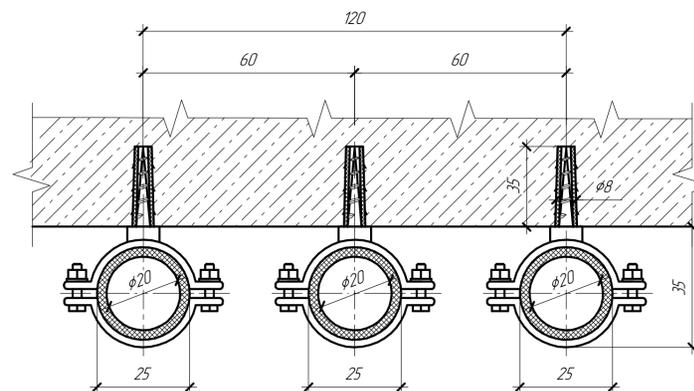
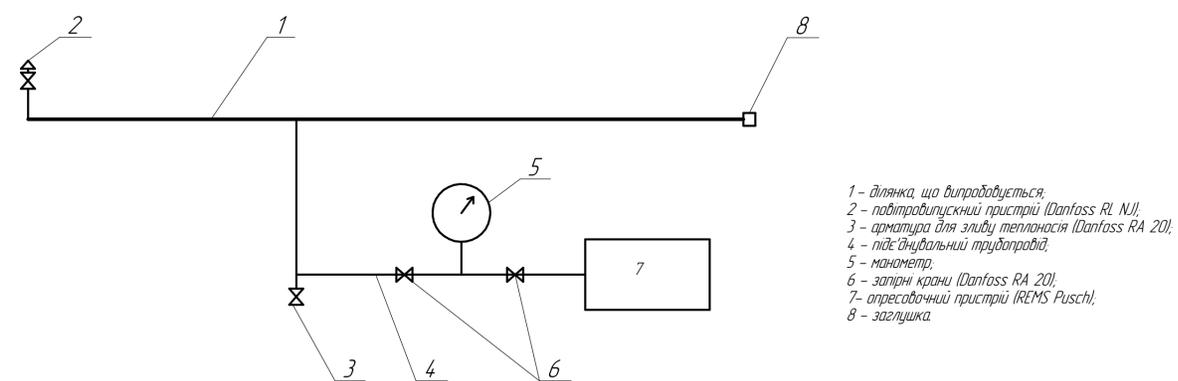
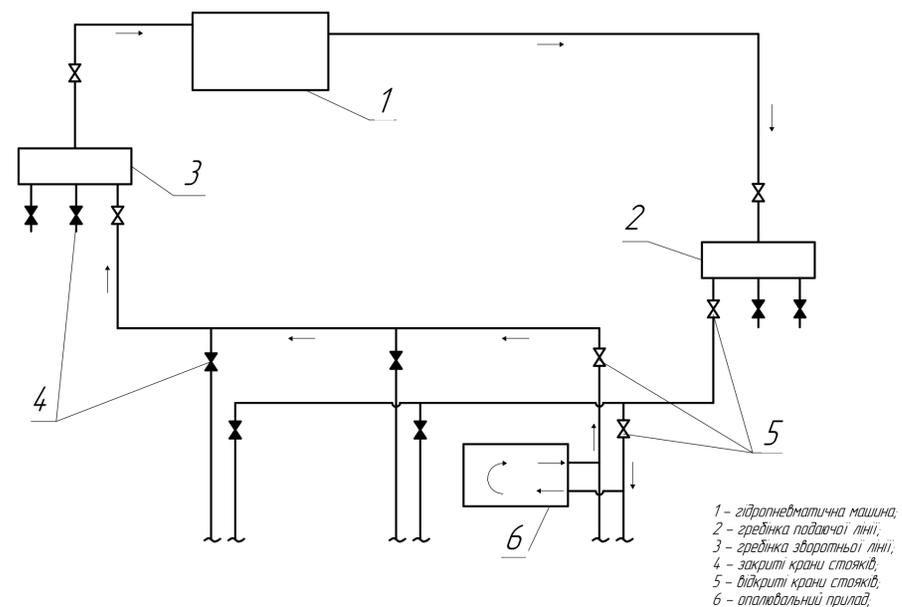


Схема гідравлічного випробування ділянки системи



- 1 – ділянка, що випробовується;
 2 – повітравилускний пристрій (Danfoss RL NJ);
 3 – арматура для зливу теплоносія (Danfoss RA 20);
 4 – під'єднувальний трубовід;
 5 – манометр;
 6 – запірні крани (Danfoss RA 20);
 7 – опресовочний пристрій (REMS Pusch);
 8 – заглушка.

Схема гідропневматичного промивання стояків



- 1 – гідропневматична машина;
 2 – гребінка подавчої лінії;
 3 – гребінка зворотньої лінії;
 4 – закриті крани стояків;
 5 – відкриті крани стояків;
 6 – опалювальний прилад.

						08-13.МКР.009.09.000 ОВ		
						Енергоефективні системи теплостачання житлового будинку		
						із використанням геотермального теплового насоса		
Ім'я	Кваліфікація	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Система теплостачання	Стадія	Лист
Виконав	Чедан О.Б.					МКР	9	10
Перевірив	Кач І.В.							
Опіанент	Попович М.М.					Схема гідравлічного випробування ділянки системи, розріз А-А		ВНТУ, ТГ-24м
Н. контроль	Лажкевич О.Д.							
Затв.	Резишнік Г.І.							

