

Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

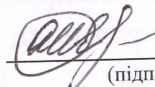
« 8 » 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка системи теплопостачання приватного двоповерхового житлового будинку в с. Гірка Полонка, Луцького району, Волинської області загальною площею 334,8 м².

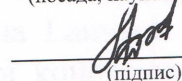
Виконала: студентка групи 47-ТЕ-223

 **Марченко О.С.**
(підпис)

Керівник роботи:

к.т.н., професор кафедри ЕІ та РС ПННІ НУК

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

 **Димо Б.В.**
(підпис)

Первомайськ - 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»

Спеціальність 144 – «Теплоенергетика»

Освітня програма «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

«23» 02 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студентки **Марченко Олени Сергіївни**

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи теплопостачання приватного двоповерхового житлового будинку в с. Гірка Полонка, Луцького району, Волинської області загальною площею 334,8 м².

Керівник роботи к.т.н., професор кафедри ЕІ та РС Димо Б.В.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК № 19 від «19» 02. 2026 року

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедру: 05.06.2026

3. Вихідні дані по роботі: Об'єктом розробки в кваліфікаційній роботі є – система індивідуального теплопостачання двоповерхового житлового будинку використанням теплоти теплової насосної установки в селі Гірка Полонка, Луцького району, Волинської області. Будинок двоповерховий з горищем та підвалом, загальною площею 334,8 м². Будинок оснащений теплою підлогою.

Покрівля будівлі виконана з гарячої бітумної середньої черепиці, під якою розташовано шар базальтового утеплювача Lamisol. Зовнішні стіни зведені зі шлакоблоку, що виконує функцію несучої конструкції, та утеплені плитами з пінополістиролу SWEETONDALE. Для захисту шлакоблоку від вологи застосовано гідроізоляційну мастику. Поверх утеплювача нанесено фасадну штукатурку, а фінішне покриття виконане атмосферостійкою фарбою COLORINA. Середній поверх будівлі залишено без додаткового утеплення.

Цокольний (нижній) поверх виконаний зі шлакоблоку та оздоблено штукатуркою. Віконні блоки — металопластикові, з двокамерними склопакетами виробництва Steko.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання.
2. Розробка теплонасосної установки та розрахунок теплових втрат приміщень.
3. Вибір основного обладнання системи теплопостачання.
4. Гідрравлічний розрахунок трубопроводів.
5. Розробка заходів з охорони праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. План будівлі. 2. План будівлі з теплими полами 3. Схема комбінованої установки санячний колектор та ТН. 4. Схема теплового насосу 5. Компанія теплового насосую

6. Консультанти розділів роботи

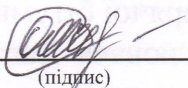
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «20» лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання.	10.03.26	
2	Розробка теплонасосної установки та розрахунок теплових втрат приміщень	31.03.26	
3	Вибір основного обладнання системи теплопостачання	20.04.26	
4	Гідрравлічний розрахунок трубопроводів.	12.05.26	
5	Розробка заходів з охорони праці	19.05.26	
6	Графічна частина	26.05.26	

Студентка


(підпис)

Марченко О.С.

Керівник роботи


(підпис)

Димо Б.В.

Анотація

Дана бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена розробці системи теплопостачання індивідуального житлового будинку з використанням ґрунтового теплового насоса в селі Гірка Полонка Луцького району Волинської області. Робота містить комплекс теплотехнічних розрахунків, що формують підсистему теплопостачання будівлі.

Система опалення спроектована відповідно до вимог чинних норм щодо енергозбереження, автоматизації роботи інженерних підсистем та впровадження заходів з охорони праці під час експлуатації теплопостачання.

У ході роботи виконано розрахунок тепловтрат приміщень, визначення середніх теплових надходжень у приміщення, проектування вертикального ґрунтового теплообмінника, розрахунок системи опалення типу «тепла підлога» та радіаторного опалення, підбір обладнання для опалювальної підсистеми.

Окрему увагу приділено розробці заходів з охорони праці.

Ключові слова: теплопостачання, опалення, тепловий насос, теплота, «тепла підлога», низькотемпературний, нагрівальний прилад.

Abstract

This bachelor's qualification work is devoted to the development of a heat supply system for an individual residential building using a ground source heat pump in the village of Hirka Polonka, Lutsk district, Volyn region. The work contains a set of heat engineering calculations that form the heat supply subsystem of the building.

The heating system is designed in accordance with the requirements of current regulations on energy saving, automation of engineering subsystems and implementation of labor protection measures during the operation of heat supply.

During the work, the calculation of heat losses of premises, determination of average heat inflows into the premises, design of a vertical ground heat exchanger,

calculation of a heating system of the "warm floor" type and radiator heating, selection of equipment for the heating subsystem.

Special attention is paid to the development of labor protection measures.

Keywords: heat supply, heating, heat pump, heat, "warm floor", low-temperature, heating device.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	8
1.1 Загальна характеристика та опис об'єкта проектування.....	8
1.2 Кліматична та географічна характеристика Волинської області...	8
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ТА РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВТРАТ ПРИМІЩЕНЬ.....	10
2.1 Опис роботи теплового насосу.....	10
2.2 Теплота ґрунту для теплонасосних систем опалення.....	12
2.3 Розрахунок теплових втрат житлового будинку.....	15
2.3.1 Вхідні данні для розрахунку.....	15
2.3.2 Теплове навантаження системи опалення.....	16
2.3.3 Теплові втрати приміщення.....	16
2.3.4 Втрати теплоти через конструкції, що огороджують.....	16
2.3.5 Коефіцієнти теплопередачі огороджувальних конструкцій.....	17
2.3.6 Площі вікон та дверей.....	19
2.3.7 Визначення втрат теплоти крізь огороджувальні конструкції....	20
2.3.8 Теплота, що витрачається на нагрівання інфільтраційного повітря.....	21
2.3.9 Розрахунок системи ГВП.....	22
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	23
3.1 Розрахунок теплої підлоги.....	23
3.1.1 Робота теплої підлоги.....	23
3.1.2 Площі кімнат де встановлена тепла підлога.....	25
3.2 Сталеві панельні радіатори.....	30
3.2.1 Вибір типу та характеристик радіаторів.....	33
3.3 Компоновка теплового насосу.....	34
3.3.1 Розрахунок вертикального ґрунтового теплообмінника.....	35
3.4 Буферна ємність системи опалення.....	35
3.4.1 Розрахунки ємності.....	36
3.5 Система ГВП.....	37
3.5.1 Плоскі сонячні колектори.....	38

3.5.2	Бойлерний накопичувальний бак.....	39
3.5.3	Плоский колектор.....	40
3.6	Розширювальні баки.....	41
3.6.1	Розрахунок бака для системи опалення.....	41
3.6.2	Розрахунок бака для системи ГВП.....	42
РОЗДІЛ 4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВODІВ.....		44
4.1	Трубопроводи системи опалення.....	44
4.2	Розрахунок гідравлічного опору.....	46
4.3	Підбір насосу систему опалення.....	47
4.3.1	Циркуляційний насос системи опалення тепла підлога.....	47
4.3.2	Циркуляційний насос для радіаторної системи опалення.....	48
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....		50
5.1	Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів. Заходи з охорони праці.....	50
5.1.1	Повітря робочої зони.....	50
5.1.2	Виробниче освітлення.....	53
5.1.3	Виробничий шум і вібрація.....	54
5.1.4	Випромінювання.....	56
5.1.5	Електробезпека.....	57
5.2	Пожежна безпека.....	59
ВИСНОВОК.....		61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		62

ВСТУП

Сьогодні для опалення будівель застосовують теплогенератори різних типів. Найбільш поширеними є газові та електричні котли, а також обладнання для спалювання вугілля чи біомаси. Водночас із кожним роком зростає частка обладнання, що використовує відновлювані джерела енергії. Одним із найперспективніших напрямів розвитку теплогенеруючих установок є використання теплових насосів.

Тепловий насос — це пристрій, призначений для перенесення теплової енергії від низькопотенційного джерела (наприклад, зовнішнього повітря або ґрунту) до споживача тепла з вищою температурою. Для його роботи необхідне зовнішнє джерело енергії — механічної, електричної, хімічної тощо.

За принципом роботи теплові насоси поділяються на низку різновидів. Серед них:

сорбційні (абсорбційні та адсорбційні) і струминні (пароінжекторні) машини, які використовують для утилізації надлишкового тепла;

термоелектричні насоси, що знаходять застосування у невеликих переносних холодильниках, зокрема автомобільних.

Однак беззаперечно домінуючим типом на ринку є паро-компресійні установки — практично всі побутові теплові насоси працюють саме за цим принципом. Їхня робота ґрунтується на фундаментальному положенні термодинаміки — циклі Карно. Це єдиний оборотний цикл, який відбувається в замкненій системі та може реалізовуватися як у прямому, так і в зворотному напрямках. Таким чином, установка, що працює за циклом Карно, може функціонувати як кондиціонер, тепловий насос або поєднувати в одному пристрої функції опалення й охолодження.

Компресійні теплові насоси застосовують механічну енергію, використовуючи електроенергію як джерело живлення.

Мета роботи: провести аналіз існуючої системи теплопостачання житлового будинку в с. Гірка Полонка, Луцького району, Волинської області прорахувати теплові втрати, визначити об'єми споживання тепла, порівняти витрати енергоносіїв та обрати теплонасосну систему теплопостачання для створення комфортних умов.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- опис роботи теплового насосу;
- розрахувати теплові втрати на опалення;
- теплові втрати на гаряче водопостачання;
- обрати обладнання;
- провести гідравлічний розрахунок.

Об'єкт розробки: житловий будинок в с. Гірка Полонка, Луцького району, Волинської області загальною площею 334,8 м²

Предмет розробки: система опалення за допомогою теплового насосу, система кондиціонування повітря, системи ГВП.

Методи розробки: існуючі методи розрахунку теплових втрат та навантажень, методи розрахунку системи опалення з використанням комп'ютерних технологій.

Одержані результати – визначенні основні тепловтрати та надходження теплоти у житловий будинок, проведено гідравлічний розрахунок трубопроводів, обрано бойлер системи ГВП, обрана система кондиціонування.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

1.1. Загальна характеристика та опис об'єкта проектування

Об'єктом розробки у даній кваліфікаційній роботі є система теплопостачання індивідуального житлового будинку, що використовує тепло від теплового насоса. Будівля розташована у с. Гірка Полонка Луцького району Волинської області. Це двоповерховий житловий будинок з горищем та підвальним приміщенням, загальною площею 334,8 м². У будинку передбачено систему «тепла підлога».

Покрівля виконана з гарячої бітумної середньої черепиці з шаром базальтового утеплювача Lamisol. Стіни зведені з шлакоблоку, що виконує функцію несучої конструкції, та додатково утеплені плитами пінополістиролу SWEETONDALE. Для захисту від вологи шлакоблок покрито гідроізоляційною мастикою. Поверх утеплювача нанесено фасадну штукатурку та атмосферостійку фарбу COLORINA. Середній поверх не має додаткового утеплення. Цокольний рівень виконаний зі шлакоблоку з подальшим оштукатуренням. Віконні конструкції – металопластикові, з двокамерними склопакетами виробництва Steko.

1.2. Кліматична характеристика Волинської області.

1. Кліматичний тип і загальні особливості

Область розташована у помірно-континентальному кліматі з помірно м'якими зимами, теплим вологим літом, а також затяжними весною та осінню — наслідок атлантико-континентального переносу повітряних мас

Територія належить до зони мішаних лісів і лісостепу, що формує клімат із підвищеною вологістю

2. Температурний режим

Середня температура січня: приблизно $-4,4 \dots -5,1$ °C

Середня температура липня: близько $+18,6 \dots +18,8$ °C

Тривалість вегетаційного періоду: близько 200 днів

3. Опади

Середньорічна кількість опадів: 550–640 мм

Найбільше опадів випадає влітку — у червні, липні та серпні — до 80–90 мм на місяць

4. Сонячна радіація та інсоляція

Річний прихід сумарної сонячної радіації: 92,7 ккал/см²

Пряма сонячна радіація становить близько 40 % від загального потоку через хмарність. Найбільшу тривалість сонячного сьйва спостерігають у червні–липні, найменшу — у грудні

5. Сніговий покрив

Максимальна тривалість снігового покриву: до-116 днів (регіон Маневич, зима 1954/55 р.), а в інших районах — до 100 днів

Висота снігового покриву: найчастіше 5–10 см, іноді до 20 см, максимум — 34 см

6. Вологість повітря

Максимальна вологість: до 90 % у грудні. В зимку вона становить 84–88 %, а навесні поступово знижується

7. Основні кліматоутворюючі чинники

Область знаходиться у зоні впливу західних циклонів (волога погода, опади) та континентальних антициклонів (сухі холодні маси): це створює збалансований клімат з чіткою сезонністю .

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ТА РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВТРАТ ПРИМІЩЕНЬ

2.1 Опис роботи теплового насосу

Тепловий насос – це пристрій, принцип роботи якого подібний до холодильника, але зворотний за дією: він переносить тепло від джерела з низькою температурою до середовища з вищою температурою. У даному випадку він використовується в системі опалення приватного будинку.

У герметичному контурі насоса циркулює холодоагент (робоче тіло) – найчастіше це безпечні для озонового шару фреони, що не містять хлору. Робочий процес ґрунтується на зміні тиску та фазового стану холодоагенту (з рідкого в газоподібний і навпаки) під впливом механічної роботи.

Парокомпресійний тепловий насос складається з основних вузлів:

випарник;

компресор;

конденсатор;

дросельний клапан.

У випарнику холодоагент за низького тиску кипить при низькій температурі, поглинаючи тепло з навколишнього середовища – ґрунту, води або повітря. Потім газоподібний холодоагент надходить у компресор, де стискається, що спричиняє різке зростання його температури. Далі він потрапляє в конденсатор, де за високого тиску переходить у рідкий стан, віддаючи тепло теплоносію системи опалення. Після цього через дросельний клапан тиск знижується, температура холодоагенту падає, і цикл повторюється.

Приблизно 80% теплової енергії, що виробляє насос, є відновлюваною і надходить з навколишнього середовища, а решта 20% витрачається на забезпечення роботи обладнання. Теплові насоси здатні не лише обігрівати приміщення та забезпечувати гаряче водопостачання, а й, за наявності реверсивного клапана, працювати у режимі кондиціонування, охолоджуючи повітря влітку. Принципова схема представлена на рис. 2.1.

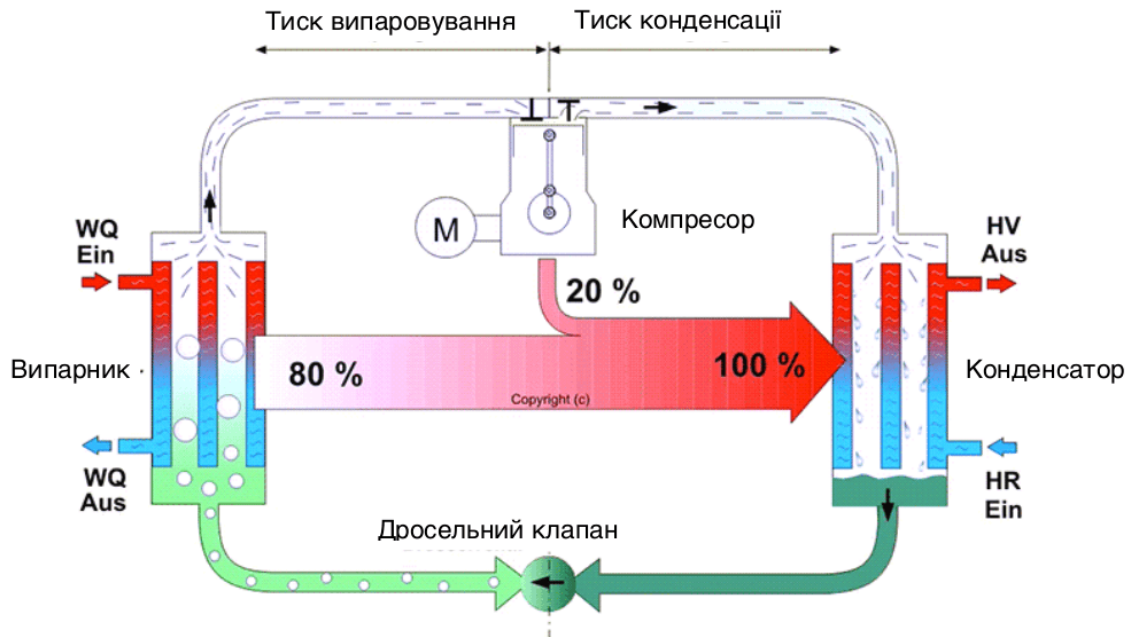


Рис 2.1 Принципова схема теплового насоса

Для відведення надлишкового тепла (без застосування кондиціонування) у будинку дитячого призначення використовується принцип передачі тепла з внутрішнього середовища назовні. У такій системі тепловий насос працює не так, як звичайний гідралічний насос, який просто перекачує рідину з нижнього рівня на верхній. Тут основний процес полягає у перенесенні теплової енергії від джерела низької температури до приймача з вищою температурою.

В еварогаторі теплового насоса робочим середовищем виступає холодоагент, що не містить хлору. Він знаходиться під низьким тиском і закипає при низькій температурі, поглинаючи тепло від джерела низькопотенційної енергії (наприклад, ґрунту, води чи повітря). Далі пари холодоагенту надходять у компресор, де стискаються, що призводить до значного підвищення їхньої температури.

Потім у конденсаторі, перебуваючи під високим тиском, холодоагент віддає накопичене тепло приймачу тепла — наприклад, теплоносію системи опалення. Після цього через дросельний клапан тиск робочого середовища знижується, і цикл починається знову.

Теплові насоси можуть працювати з різними типами джерел та приймачів тепла: повітря, вода, ґрунт. Теплообмінники випарника й конденсатора при цьому можуть бути виконані у форматі "повітря–рідина" або "рідина–рідина".

Регулювання роботи системи опалення з тепловим насосом зазвичай здійснюється автоматично — шляхом увімкнення чи вимкнення компресора за сигналом від датчика температури, встановленого в зоні нагріву або охолодження.

Ефективність теплового насоса визначається коефіцієнтом перетворення (COP) — відношенням теплової потужності, що він віддає, до витрат електроенергії на роботу компресора. У різних моделей цей показник може коливатися від 2,5 до 5 і більше. Це означає, що, споживаючи лише 1 кВт електроенергії, тепловий насос здатен забезпечити 3,5–7 кВт теплової енергії залежно від умов експлуатації та типу обладнання.

Найвищий ККД теплового насоса досягається у низькотемпературних системах опалення, таких як теплі підлоги, фанкойли або радіатори, спроектовані на знижену температуру теплоносія. Чим менша різниця між температурою подачі та звороту в системі, тим менше енергії потрібно компресору для нагріву теплоносія до потрібного рівня.

2.2 Теплота ґрунту для теплонасосних систем опалення

Тепловий насос функціонує завдяки двом основним контурам — вхідному та вихідному.

Вхідний контур може використовувати тепло з ґрунту, повітря або води, тоді як вихідний варіант підбирають залежно від потреб системи — ґрунт–вода, вода–вода, повітря–вода, ґрунт–повітря, вода–повітря чи повітря–повітря.

Серед усіх джерел низькопотенційної енергії найбільш стабільним і ефективним вважається ґрунт. Він накопичує тепло завдяки сонячному випромінюванню, яке надходить на поверхню, та постійному тепловому потоку від надр Землі. Температура ґрунтових шарів на глибині 5–7 метрів майже не змінюється протягом року і зазвичай тримається в межах 10–12 °С.

Теплоємність ґрунту визначається його складом, геологічними особливостями та рівнем вологості. Чим більший вміст води, тим ефективніше відбір тепла. Наприклад, вологий глиняний ґрунт має найвищі показники теплопровідності, тоді як піщані ґрунти значно поступаються йому за цим параметром.

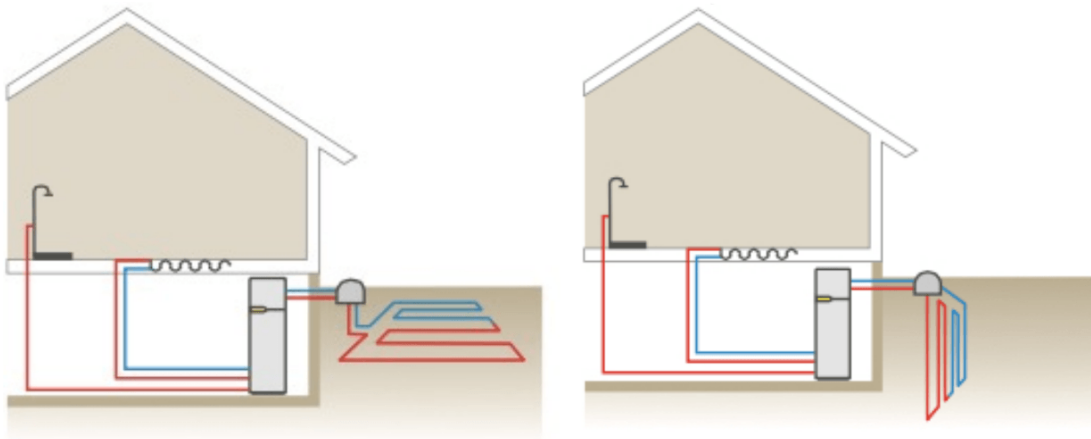


Рис 2.2 Ґрунтові колектори

Відбір теплової енергії з ґрунту можна реалізувати кількома способами.

Первинний контур геотермального теплового насоса часто виконують у формі ґрунтового колектора, який укладають на глибині 1,2–1,5 м. Такий рівень залягання забезпечує відносно стабільний температурний режим упродовж року. Потужність тепловіддачі залежить від структури ґрунту і зазвичай становить 10–35 Вт/м². При цьому горизонтальний колектор вимагає значної площі земельної ділянки.

Альтернативою є вертикальний колектор, який займає менше місця, але потребує виконання глибоких бурових робіт, що суттєво підвищує вартість геотермальної системи. Різновидом такого рішення є енергетичні кошики, які дозволяють збільшити тепловий відбір з одиниці площі та зробити систему більш компактною.

Під час проєктування ґрунтового колектора важливо забезпечити гідравлічний баланс: усі контури повинні мати однакову довжину. Оптимальна

довжина одного контуру — не більше 100 м, щоб уникнути надмірних енерговитрат на роботу циркуляційних насосів.

Ділянка з розташованим колектором має бути вільною від капітальної забудови та сильного затінення, що дозволить ґрунту повністю відновлювати свої теплові ресурси в теплий період року. Над колектором не рекомендується висаджувати дерева з розвинуеною кореневою системою — це не лише знижує ефективність регенерації, а й створює ризик механічного пошкодження трубопроводів. Сонячне випромінювання та атмосферні опади забезпечують природне відновлення теплового потенціалу ґрунту, що важливо для стабільної роботи системи в опалювальний сезон.

Для виготовлення колекторів зазвичай використовують поліетиленові труби різного діаметра. На ринку також доступні готові модульні рішення у вигляді зібраних секцій труб, що спрощує монтаж і скорочує час встановлення.

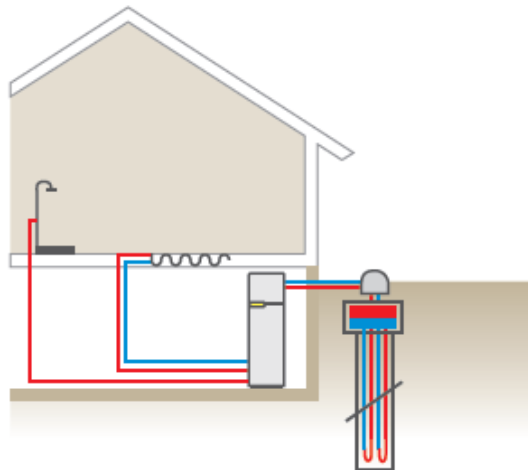


Рис 2.3 Вертикальний ґрунтовий колектор

У такій конфігурації тепла помпа забезпечує стабільну потужність і високий коефіцієнт перетворення енергії протягом усього року. Геотермальні зонди занурюють на глибину від 40 до 120 метрів. Із кожного метра бурової свердловини можливо отримати від 30 до 70 Вт теплової енергії, при цьому для проектних розрахунків зазвичай приймають середнє значення — близько 50 Вт. Точне визначення кількості та глибини свердловин є ключовим етапом проектування систем тепlopостачання з тепловими насосами. Якщо довжина

зондів буде недостатньою, це призведе до падіння продуктивності обладнання, обмерзання свердловин і, як наслідок, до дефіциту тепла в опалювальний сезон.

Відбір теплової енергії здійснюється через зонди з поліетиленових труб, які можуть мати двотрубну або чотиритрубну конфігурацію. Для виготовлення використовують труби діаметром 25, 32 або 40 мм із різною товщиною стінки. При монтажі важливо витримувати мінімальну відстань між свердловинами — 5–6 метрів. На ділянках, де розміщено геотермальні зонди, заборонено висаджувати дерева з розвиненою та глибокою кореневою системою.

Як теплоносій у ґрунтових зондах використовують незамерзаючі рідини, зокрема розчини на основі етиленгліколю з температурою кристалізації близько $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вибраний теплоносій повинен бути екологічно безпечним, щоб у разі аварійного витоку не спричинити забруднення ґрунтових вод та прилеглої території.

2.3 Розрахунок теплових втрат житлового будинку

2.3.1 Вхідні данні для розрахунку

Кліматологічні дані беремо для Волинської області з таблиць:

- тривалість періоду опалювання становить $n_{\text{оп}} = 210$ діб ;
- середня температура найхолоднішої п'ятиденки $t_{\text{p.o}} = -22^{\circ}\text{C}$;

Температура внутрішнього повітря приймається $t_{\text{вн}} = 20^{\circ}\text{C}$;

Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до внутрішніх поверхонь стін $\alpha_{\text{в}} = 8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стіни до оточуючого повітря $\alpha_{\text{з}} = 24\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Коефіцієнт теплопередачі через склопакети Steko (двокамерні) . вікна $K_{\text{вік}} = 1,983\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Коефіцієнт теплопередачі через зовнішні двері (металічні)
 $K_{\text{дв.зовн}} = 2,3\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Висота поверху будинку $H = 3,5$ м, висота цокольного поверху = 2 м.

Кількість людей які знаходяться в будівлі $n = 5$.

2.3.2 Теплове навантаження системи опалення

Теплове навантаження системи опалення

$$Q = Q_{\text{вт}} + Q_2 - Q_3 \quad (2.1)$$

де $Q_{\text{вт}}$ – розрахункові втрати теплоти будинку, кВт;

Q_2 – втрати теплоти трубопроводами, прокладених в приміщеннях які не опалюються, кВт;

Q_3 – тепловий потік, що поступає через вікна та прозорі конструкції, від обладнання та людей, кВт.

2.3.3 Теплові втрати приміщення

Для холодного періоду року теплові втрати приміщень, кВт,:

$$Q_{\text{втр}} = \Sigma Q_{\text{обг.і}} + Q_{\text{інф}} \quad (2.2)$$

де $\Sigma Q_{\text{обг.і}}$ – повні втрати теплоти на нагрів через зовнішні огорожувальні конструкції, кВт;

$Q_{\text{інф}}$ – втрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, кВт.

2.3.4 Втрати теплоти через конструкції, що огорожують

$$\Sigma Q_{\text{обг.і}} = (1/r_i) F_i \Delta t_i (1 + \Sigma \beta)_{\text{ін}} \cdot 10^{-3} \quad (2.3)$$

де r_i – питомий термічний опір теплопередачі елемента огорожувальної конструкції, (м²·К)/Вт;

F_i – площа огорожувальної конструкції, м²;

Δt_i – різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, С;

n_i – коефіцієнт на розрахункову різницю температур, від положення огорожувальної конструкцій, n=1;

$\Sigma \beta$ – втрати теплоти в долях до основних;

K_i – коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К).

Термічний опір теплопередачі

$$r_i = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \Sigma \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.4)$$

де $\alpha_{\text{вн}}$ та α_3 – коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ і $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

δ_i та λ_i – теплопровідність ($\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) та товщина (м) шарів огорожень.

Поверхні F_i зовнішніх стін визначаються за зовнішніми розмірами.

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}} \quad (2.5)$$

де $t_{\text{вн}}$ – температура повітря у приміщенні;

$t_{\text{р.о}}$ – температура зовнішнього повітря.

$$\Delta t = 20 - (-22) = 42 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

По таблиці для вертикальних та наклонних огорожувальних конструкцій при дійсній швидкості зовнішнього повітря беремо коефіцієнт $\sum \beta = 0,05$.

2.3.5 Коефіцієнти теплопередачі огорожувальних конструкцій

Підвал

Поділ площі підвалу на зони

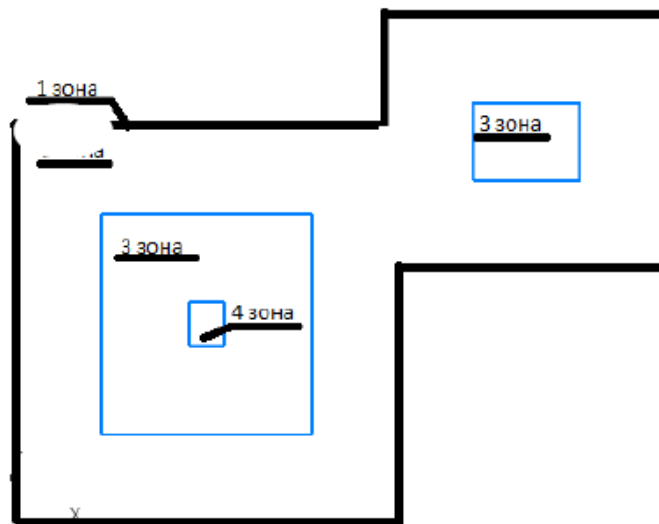


Рис. 2.4 Поділ площі підлоги на зони

Площі зон складають

$$F_1 = 2 \cdot 9,03 + 2 \cdot 8,69 + 2 \cdot 8,38 + 2 \cdot 2,25 + 2 \cdot 6,48 + 2 \cdot 5,78 + 2 \cdot 6,16 + 2 \cdot 5,78 = 105,6$$

$$F_2 = 33,05 + 18,06 + 13,38 + 8,76 + 7,56 + 5,46 = 86,27 \text{ м}^2;$$

$$F_3 = 24,16 + 4,4 - 0,82 = 27,74 \text{ м}^2;$$

$$F_4 = 0,82 \text{ м}^2.$$

Термічні опори теплопередачі окремих зон

- перша зона $r_1 = 2,15 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;

- друга зона $r_2 = 4,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;

- третя зона $r_3 = 8,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;

- четверта зона $r_4 = 14,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$.

Зовнішні огорожуючі конструкції

Характеристики представлені в табл. 2.1

Таблиця 2.1

Характеристики будівельних матеріалів для стін будинку

Найменування матеріалу	Характеристики	
	λ , Вт/(м·К)	δ , мм
Фасадна атмосферостійка фарба COLORINA	0,7	5
Фасадна штукатурка	1,2	20
Поліуретановий клей	0,04	5
Пінополістирол SWEETONDALE	0,041	100
Гідроізоляція	1,05	5
Шлакоблок	0,64	200
Гідроізоляція	1,05	5
Цементно-піщана штукатурка	1,2	20

Термічний опір зовнішніх огорожень

$$r = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005_i}{0,7} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{0,005}{0,04} + 2 \frac{0,005}{1,05} + \frac{0,1}{0,041} + \frac{0,2}{0,04} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{1}{23} = 3,085 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх огорожень

$$K_i = 1/r_i \quad (2.6)$$

$$K_{ст} = \frac{1}{3,085} = 0,324 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Розрахунок перекриття, що суміжне з покрівлею

$$r_n = 0,28 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}; \delta_{дсп} = 0,025 \text{ м}; \delta_{ут} = 0,2 \text{ м}; \lambda_{дсп} = 0,2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

$$\lambda_{ут} = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

Термічний опір перекриття

$$r_i = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.7)$$

де $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\alpha_3 = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$$r_i = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,2} + \frac{0,25}{0,039} + \frac{1}{8,7} = 5,483 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі перекриття

$$K_{\text{гор}} = \frac{1}{5,483} = 0,182 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

2.3.6 Площі вікон та дверей

Площа вікон

$$S_{b1} = 3,74 \cdot 2,85 = 10,65 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b2} = 1,87 \cdot 1,496 = 2,79 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b3} = 1,87 \cdot 1,491 = 2,78 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b4} = 1,87 \cdot 1,448 = 2,7 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b5} = 1,87 \cdot 1 = 1,87 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b6} = 0,9 \cdot 1,87 = 1,757 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b7} = 1,87 \cdot 1,71 = 3,19 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b8} = 1,87 \cdot 2,2 = 4,11 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b9} = 1,87 \cdot 0,8 = 1,49 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b10} = 2,87 \cdot 3 = 8,66 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b11} = 1,87 \cdot 1,487 = 2,78 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b12} = 1,81 \cdot 1,87 = 3,38 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b13} = 1,87 \cdot 1 = 1,87 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b14} = 0,94 \cdot 1,87 = 1,757 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b15} = 1,87 \cdot 1,72 = 3,21 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b16} = 1,87 \cdot 2,2 = 4,114 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_{b17} = 1,87 \cdot 2,286 = 4,27 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Загальна площа вікон: $F_B = 61,87 \text{ м}^2$.

Площа металевих дверей та гаражних воріт.

Площа металевих дверей:

$$F_{\text{мет.двері}} = 2,4 \cdot 0,905 = 2,172 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{мет.двері}} = 2,2 \cdot 0,83 = 1,826 \text{ м}^2.$$

Площа гаражних воріт:

$$F_{\text{вор}} = 2,55 \cdot 2,798 = 7,13 \text{ м}^2.$$

Повна площа зовнішніх стін

$$F_{\text{ст}} = P \cdot H - F_{\text{вор}} - F_{\text{мет.двері}} - F_{\text{вік}} = 333,9 - 61,378 - 7,13 - 3,998 = 261,39 \text{ м}^2$$

де P – периметр будинку, м. $P = 47,7$ м; H – висота поверхів, м.

2.3.7 Визначення втрат теплоти крізь огорожувальні конструкції

Втрати теплоти крізь вікна, кВт

$$Q_{\text{от}} = K_{\text{от}} \cdot F_B \cdot \Delta t \cdot 1 \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (2.8)$$

$$Q_{\text{от}} = 1,981 \cdot 61,878 \cdot 42 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,8 \text{ кВт.}$$

Втрати теплоти крізь двері та ворота

$$Q_{\text{дв.вор}} = (K_{\text{дв}} \cdot F_{\text{дв}} + K_{\text{вор}} \cdot F_{\text{вор}}) \cdot \Delta t \cdot 1 \cdot 10^{-3} \quad (2.9)$$

$$Q_{\text{дв.вор}} = (2,1 \cdot 3,998 + 7,13 \cdot 1,5) \cdot 42 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,8 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти крізь підвал

$$Q = \frac{F_i}{r_i \cdot 1000} \cdot \Delta t \quad (2.10)$$

$$Q_I = \frac{105,6}{2,15 \cdot 1000} \cdot 42 = 2,06 \text{ кВт;}$$

$$Q_{II} = \frac{86,27}{4,3 \cdot 1000} \cdot 42 = 0,84 \text{ кВт;}$$

$$Q_{III} = \frac{27,74}{8,6 \cdot 1000} \cdot 42 = 0,12 \text{ кВт;}$$

$$Q_{IV} = \frac{0,82}{14,2 \cdot 1000} \cdot 42 = 0,002 \text{ кВт.}$$

Повні втрати крізь підлогу

$$\Sigma Q = 2,06 + 0,84 + 0,12 + 0,002 = 3,02 \text{ кВт.}$$

Втрати теплоти крізь горище, кВт

$$Q_{\text{гор}} = K_{\text{гор}} \cdot F_{\text{гор}} \cdot \Delta t \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \quad (2.11)$$

$$Q_{\text{гор}} = 0,182 \cdot 143,4 \cdot 8 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} = 0,187 \text{ кВт.}$$

Втрати теплоти крізь зовнішні стіни, кВт

$$Q_{\text{ст}} = K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot \Delta t \cdot (1 + \Delta_{\text{дод}}) \cdot 1 \cdot 10^{-3} \quad (2.12)$$

$$Q_{\text{ст}} = 0,324 \cdot 261,39 \cdot 42 \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 3,73 \text{ кВт.}$$

Повні втрати теплоти

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{гор}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{підв}} + Q_{\text{дв.вор}}; \quad (2.13)$$

$$Q_{\text{заг}} = 5,106 + 0,8 + 0,187 + 3,73 + 3,02 = 12,84 \text{ кВт.}$$

2.3.8 Теплота, що витрачається на нагрівання інфільтраційного повітря

$$Q_{\text{інф}} = \left(\frac{1}{3600} \right) C_{\text{пов}} \rho_{\text{пов}} F_{\text{п}} h (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) \quad (2.14)$$

де $C_{\text{пов}}$ – питома масова теплоємність повітря, $C_{\text{пов}} = 1,005 \text{ кДж/(кг·К)}$;

$\rho_{\text{пов}}$ – густина повітря, $\rho_{\text{пов}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

$F_{\text{п}}$ – площа підлоги, м^2 ;

h – висота приміщення.

Площа кімнат $F_{\text{п.кім.}} = 197,14 \text{ м}^2$. Площа санвузлів $F_{\text{п.сан.}} = 19,23 \text{ м}^2$.

Для житлових приміщень

$$Q_{\text{інф}} = \left(\frac{1}{3600} \right) \cdot 1,005 \cdot 1,2 \cdot 197,14 \cdot 3,5 \cdot (20 - (-22)) \cdot 0,3 = 2,912 \text{ кВт.}$$

Для ванн та туалетів

$$Q_{\text{інф}} = \left(\frac{1}{3600} \right) \cdot 1,005 \cdot 1,2 \cdot 19,23 \cdot 3,5 \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 0,946 \text{ кВт.}$$

Повні теплові втрати на інфільтрацію

$$Q_{\text{інф}} = Q_{\text{інф.кім}} + Q_{\text{інф.кух}} \quad (2.15)$$

$$Q_{\text{інф}} = 2912 + 946 = 3862 \text{ Вт.}$$

Повні теплові втрати будинку

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{інф}} + Q_{\text{он}} = 12,84 + 3,86 = 16,7 \text{ кВт.}$$

Середня витрата теплоти на опалення

$$Q_{\text{о}}^{\text{ср}} = Q \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}}, \quad (2.16)$$

$$t_{\text{ср.о}} = -0,1 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

$$Q_{\text{о}}^{\text{ср}} = 16,7 \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} = 8,39 \text{ кВт.}$$

Річна витрата теплоти на опалення

$$Q_{\text{о}}^{\text{річ}} = Q_{\text{о}}^{\text{ср}} n_{\text{о}} \cdot 24 \quad (2.17)$$

$n_o = 176$ діб.

$$Q_o^{\text{річ}} = 8,39 \cdot 176 \cdot 24 = 37653 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

2.3.9 Розрахунок системи ГВП

Середні витрати теплоти на ГВП, кВт

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} = M_{\text{ГВП}} \cdot K_{\text{вт}} \cdot C_v (t_{\text{г.в.}} - t_{\text{х.з.}}) \quad (2.18)$$

де C_v - теплоємність води, $C_v = 4,187 \text{ кДж} \cdot (\text{кг} \cdot \text{К})$;

$K_{\text{вт}}$ - коефіцієнт, втрати тепла від труб ; $K_{\text{вт}} = 1,2$;

$t_{\text{г.в.}}$ - температура гарячої води; $t_{\text{г.в.}} = 55^\circ\text{C}$;

$t_{\text{х.з.}}$ - температура води в зимній період ; $t_{\text{х.з.}} = 5^\circ\text{C}$;

$M_{\text{ГВП}}$ - масова витрата води на ГВП.

$$M_{\text{ГВП}} = \frac{m \cdot a}{24 \cdot 3600} \text{ кг/с} \quad (2.19)$$

де m – кількість людей, $m = 5$;

a – норма витрати гарячої води людину, $a = 90 \text{ кг/доб}$.

$$M_{\text{ГВП}} = \frac{90 \cdot 5}{24 \cdot 3600} = 0,0052 \text{ (кг/с)}.$$

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} = 0,0052 \cdot 1,2 \cdot 4,187 \cdot 10^3 \cdot (55 - 5) = 1,308 \text{ кВт}.$$

Повні витрати теплоти на ГВП

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{макс}} = (2 \dots 2,4) \cdot Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} \quad (2.20)$$

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{макс}} = 2 \cdot 1,308 = 2,616 \text{ кВт}.$$

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розрахунок теплої підлоги

По периметру приміщень, окрім ділянок біля зовнішніх нагрітих стін, виконується компенсаційний середній шов. Його призначення — зменшення теплових втрат та запобігання надмірному розширенню бетонної стяжки. Згідно з нормами, товщина шва без ізоляційного шару не повинна перевищувати 5 мм, а його висота має бути меншою за висоту бетонної заливки. Як ізоляційний матеріал використовують вологостійкі вироби; у кваліфікаційній роботі для цього застосована демпферна стрічка. Після улаштування компенсаційного шва його додатково закривають захисним ізоляційним шаром.

Використання гарячої поліуретанової плівки, що не має достатніх водостійких властивостей, для цих цілей не рекомендується. Влаштування компенсаційних швів зазвичай не передбачають у нежитлових будівлях, однак у приміщеннях площею понад 40,44 м² їх виконання є обов'язковим.

Під час перепланування систем теплої підлоги необхідно забезпечити, щоб трубопроводи не перетинали компенсаційні шви, за винятком прямої та зворотної магістралей. При проходженні труб через шов слід застосовувати гофровану захисну оболонку з мінімальним вигином і достатнім запасом простору для температурних переміщень.

3.1.1 Робота теплої підлоги

Нагрівання приміщення в системі «тепла підлога» відбувається за рахунок тепловіддачі від змійовиків труб, по яких циркулює нагріта вода. Ці трубопроводи розташовані в бетонній стяжці під декоративним покриттям, яке виступає нагрівальною поверхнею. Перед тим як тепло надходить у приміщення, воно проходить крізь шар бетону та облицювальний матеріал (наприклад, керамічну плитку).

Конструктивна схема такої підлоги вимагає уважного підходу до вибору труб, адже від цього залежить довговічність і ефективність системи. Для даної кваліфікаційної роботи обрано труби KERMI xnet PE-Xc, виготовлені зі зшитого поліетилену. Завдяки великій молекулярній масі та додатковим міжмолекулярним зв'язкам цей матеріал поєднує високу еластичність, стійкість до корозії, екологічність і тривалий термін експлуатації. Такі характеристики роблять труби зі зшитого поліетилену оптимальним рішенням для монтажу систем теплої підлоги.

Поліетиленові труби, попри свої переваги, мають і певні недоліки. Один з основних — здатність матеріалу поступово пропускати молекули кисню. Це може спричиняти окислювальні процеси в системі та навколишніх елементах опалення. Для запобігання цьому на зовнішню поверхню труб наносять спеціальний захисний шар, який значно знижує проникність кисню.

Компоновки труб в системі тепла підлога показані на рис 3.1

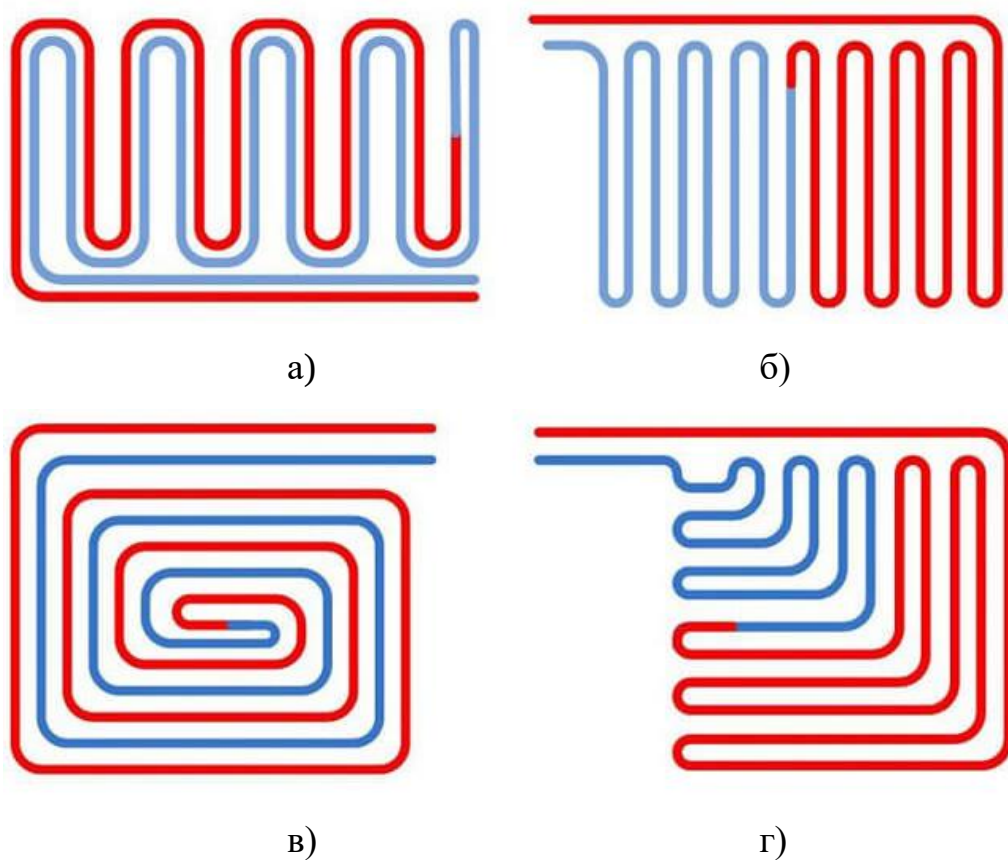


Рис 3.1 Компоновка труб теплої підлоги

а) Подвійна змійка; б) Проста змійка; в) Спіраль (равлик); г) Кутова змійка.

У системах теплої підлоги найчастіше застосовують труби діаметром 16 мм зі зшитого поліетилену. Вони забезпечують оптимальну тепловіддачу при мінімальній товщині бетонної стяжки та дозволяють зручно укласти контур у вигляді «змійки» або «спіралі» на основу підлоги.

Відповідно до будівельних норм, товщина бетонного шару над теплоізоляцією має становити 5,5–6,6 см, а від верхньої частини труб до поверхні підлоги — 3,3–4,4 см. Дотримання цих параметрів гарантує ефективну роботу системи та її довговічність.

3.1.2 Площі кімнат де встановлена тепла підлога

Тепла підлога встановлена в таких приміщеннях

Перший поверх

Коридор $F_{\Pi} = 15,47 \text{ м}^2$;

Спальня для гостей $F_{\Pi} = 20,12 \text{ м}^2$;

Санвузол для гостей $F_{\Pi} = 6,25 \text{ м}^2$;

Вітальня $F_{\Pi} = 43,55 \text{ м}^2$.

Другий поверх

Санвузол $F_{\Pi} = 6,52 \text{ м}^2$;

Спальня для гостей 2 $F_{\Pi} = 29,3 \text{ м}^2$;

Спальня для гостей 3 $F_{\Pi} = 20,19 \text{ м}^2$;

Санвузол для гостей $F_{\Pi} = 6,46 \text{ м}^2$;

Господарча спальня $F_{\Pi} = 43,5 \text{ м}^2$.

Повна площа приміщень становить $F_{\Pi.\text{заг}} = 191,36 \text{ м}^2$.

Теплові втрати, кВт,

$$Q_{\text{вт}} = Q_{\text{втр}} - Q_{\Gamma} - Q_{\text{під}} \quad (3.1)$$

де $Q_{\text{втр}}$ — повні теплові втрати будинку;

Q_{Γ} та $Q_{\text{під}}$ — теплові втрати в гаражі та підвалі, в яких встановлюються радіатори;

$$Q_{\text{вт}} = 16,7 - 0,983 - 3,02 = 12,7 \text{ кВт.}$$

Потік теплоти з одного квадратного метра площі q ;

$$q = Q_{mn}/F_{mn} \quad (3.2)$$

$$q = \frac{12700}{191,36} = 66,35 \text{ Вт/м}^2.$$

За заданою температурою теплоносія і внутрішньої температури приміщення по каталогу фірми виробника знайдемо потрібні коефіцієнти: – керамічна плитка:

крок труби

$$g_{\text{к.п.}} = 68 \text{ Вт/м}^2, b_{\text{к.п.}} = 0,3 \text{ м ,}$$

середня температура теплоносія

$$t_{\text{ср}} = 37,5 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{під}} = \left(\frac{g}{11,2} \right) + t_{\text{прім}} \quad (3.3)$$

$$t_{\text{під.к}} = \left(\frac{68}{11,2} \right) + 20 = 26,1 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Температура менше ніж $t_{\text{під.макс}} = 29^{\circ}\text{C}$, вона задовольняє стандарту.

Довжина нагрівального контуру складається з довжини труби з колектору та змійовика, який знаходиться в приміщенні для нагріву. Згідно ДБН довжина не перевищує 100 м, фітинги не заливаються бетоном.

Знайдемо довжини контурів

$$L = F_{\text{прім}}/b \quad (3.4)$$

Згідно плану у будинку два гідравлічних колектора перший для обігріву першого поверху другий для другого поверху.

Перший гідравлічний колектор включає 8 контурів, що розташовані: 1 в туалеті, 4 в вітальні, 1 в коридорі, 2 в спальні для гостей.

На другому поверсі в гідравлічному колекторі приймаємо 12 контурів, а саме 5 в господарчій спальні, 2 в спальні для гостей, 3 в спальні для гостей, 1 в туалеті для гостей, 1 в туалеті господарів.

Розміщення колекторів можна представити рис 3.2. та 3.3.

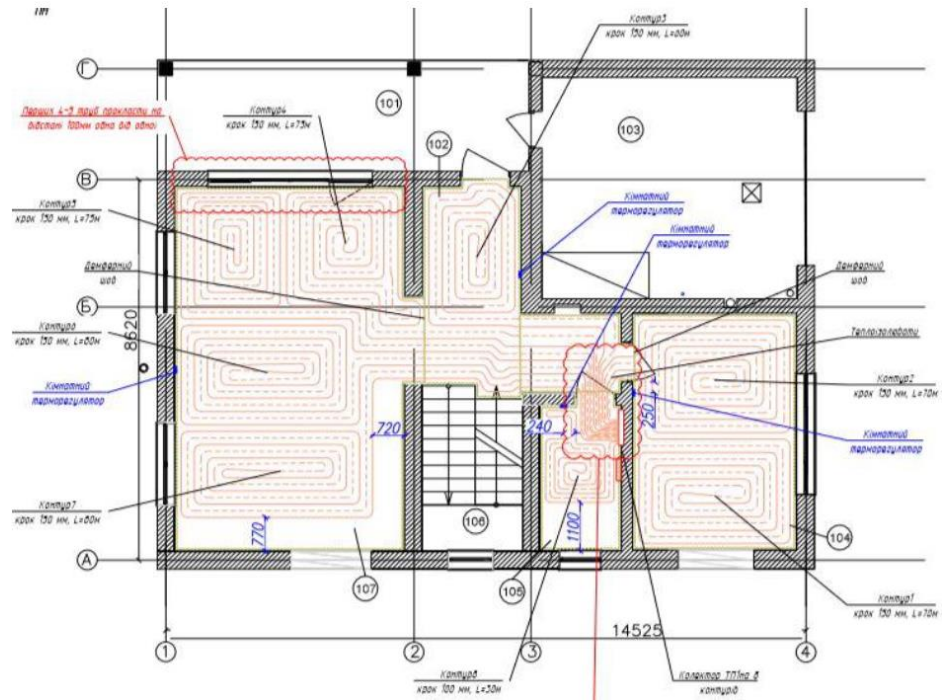


Рис 3.2 Колектори першого поверху

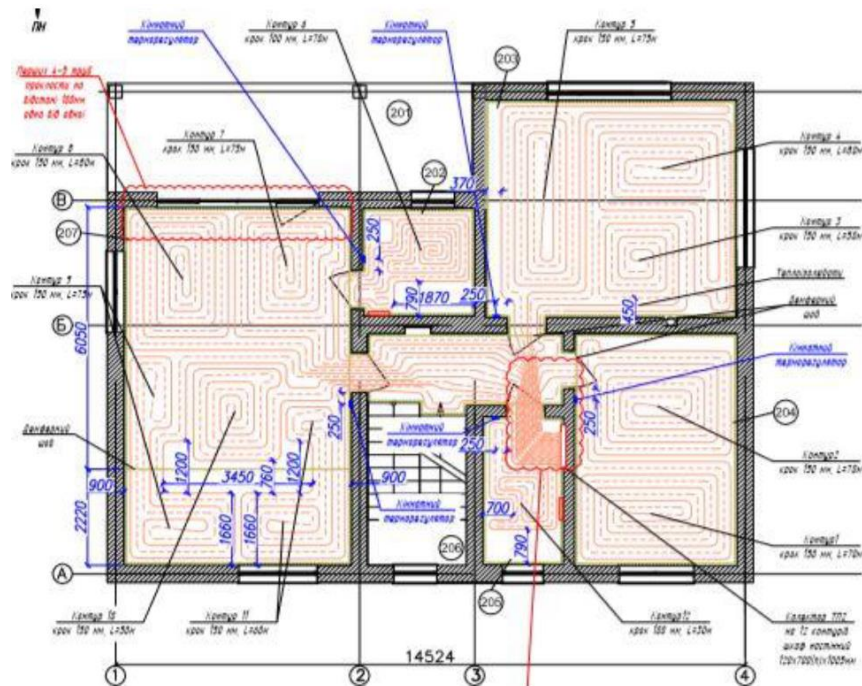


Рис 3.2 Колектори другого поверху

В кваліфікаційній роботі використаємо паралельне з'єднання кілець для паралельної подачі це збільшить гідравлічний опір. Щоб цього не сталося необхідно вирівнювати гідравлічний опір всіх кілець. Обираємо ділянку з найбільшими втратами тиску. Після регулювання опорів різниця між паралельними кільцями становитиме у межах 20-30%. При цьому враховуємо

максимальний опір ділянки 20-25кПа та мінімальну швидкість води 0,15-0,2 м/с.

Теплове навантаження і масова витрата теплоносія

Масова витрата теплоносія, кг/с

$$m = \frac{1,1 \cdot Q_{mn}}{4190 (t_{\text{под}} - t_{\text{зв}})} \quad (3.5)$$

де $t_{\text{под}} = 40^{\circ}\text{C}$ – температура гарячої води на вході;

$t_{\text{зв}} = 35^{\circ}\text{C}$ – температура охолодженої води на виході.

Таблиця 3.1

Характеристики першого колектора

Номер контура	Довжина, м	Площа, м ²	Потужність, Вт	Витрата теплоносія л/хв
1	70	11	844	2,4
2	70	11	844	2,4
3	60	10	724	2,1
4	75	12	904	2,6
5	75	12	904	2,6
6	80	13	965	2,8
7	80	13	965	2,8
8	30	5	362	1,0
Всього	510	82	6150	18,7

Таблиця 3.2

Характеристики другого колектора

Номер контура	Довжина, м	Площа, м ²	Потужність, Вт	Витрата теплоносія л/хв
1	70	10	736	2,1
2	70	10	736	2,1
3	50	7	525	1,5
4	80	11	841	2,4
5	75	11	788	2,3
6	70	10	736	2,1
7	75	11	788	2,3
8	80	11	841	2,4
9	75	11	788	2,3
10	50	7	525	1,5
11	60	8	631	1,8
12	30	4	315	0,9
Всього	785	110	8250	23,6

Повна сума $Q_w = 14400 \text{ Вт}$; $m_w = 42,3 \text{ кг/хв}$; $m_w = 2538 \text{ кг/год}$.

Для витрати води обираємо трубу $18 \times 2,5 \text{ мм}$ фірми РЕ-Хс с EVON 5-
слойная Push.

Швидкості води

$$\omega = \frac{m}{\rho \cdot f} \quad (3.6)$$

де ρ – густина води, $\rho = 992,2 \text{ кг/м}^3$;

f , – площа поперечного перерізу трубопроводу, м^2 .

$$f = \frac{\pi \cdot d_{\text{сн}}^2}{4} \quad (3.7)$$

$$f = \frac{\pi \cdot 0,013^2}{4} = 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Визначення швидкостей для колектора першого поверху

$$\omega_1 = 0,305 \text{ м/с};$$

$$\omega_2 = 0,305 \text{ м/с};$$

$$\omega_3 = 0,267 \text{ м/с};$$

$$\omega_4 = 0,336 \text{ м/с};$$

$$\omega_5 = 0,33 \text{ м/с};$$

$$\omega_6 = 0,356 \text{ м/с};$$

$$\omega_7 = 0,356 \text{ м/с};$$

$$\omega_8 = 0,127 \text{ м/с}.$$

Визначення швидкостей для колектора другого поверху

$$\omega_1 = 0,267 \text{ м/с}; \quad \omega_7 = 0,292 \text{ м/с};$$

$$\omega_2 = 0,267 \text{ м/с}; \quad \omega_8 = 0,305 \text{ м/с};$$

$$\omega_3 = 0,19 \text{ м/с}; \quad \omega_9 = 0,292 \text{ м/с};$$

$$\omega_4 = 0,305 \text{ м/с}; \quad \omega_{10} = 0,19 \text{ м/с};$$

$$\omega_5 = 0,292 \text{ м/с}; \quad \omega_{11} = 0,229 \text{ м/с};$$

$$\omega_6 = 0,267 \text{ м/с}; \quad \omega_{12} = 0,114 \text{ м/с}.$$

Швидкості згідно ДБН не перевищують норму.

Гідравлічні втрати на опір в системі труб теплої підлоги

$$\Delta p = L_w \cdot R \quad (3.8)$$

де R – одиничний гідравлічний опір потоку $R = 648 \text{ Па/м}$;

L_w – довжина контуру, м.

Для першого колектора

$$\Delta p = 510 \cdot 648 = 330484 \text{ Па}.$$

Для другого колектора

$$\Delta p = 785 \cdot 648 = 508680 \text{ Па}.$$



Рис. 3.4 – Компоновка розподільчих колекторів

3.2 Сталеві панельні радіатори

Сталеві панельні радіатори — це опалювальні прилади, що можуть мати одну, дві або три панелі. Кожна панель складається з двох сталевих профільних листів, з'єднаних між собою зварюванням по периметру. Конструкція таких батарей є досить простою: усередині панелей розташовані овальні вертикальні

канали, по яких циркулює теплоносій. Вони утворюються шляхом штампування сталевих пластин.

Для підвищення тепловіддачі та посилення конвекційного ефекту більшість виробників додатково обладнують панелі П-подібними ребрами, привареними з внутрішнього боку. Такі ребра також виготовляються методом штампування, але з тоншого сталевого листа.

Якщо радіатор складається з кількох панелей, їх бічні сторони закриваються декоративними плоскими накладками, а верхня частина — решіткою з прорізами типу «гриль» для виходу теплого повітря. На зворотному боці кожного приладу передбачені монтажні кронштейни для його закріплення.



Рис. 3.5 Загальний вид сталевих панельних радіаторів

Залежно від кількості нагрівальних панелей та конвекційних ребер, сталеві панельні радіатори поділяють на сім основних типів. Їх маркування здійснюється двома цифрами: перша вказує кількість панелей, а друга — кількість конвекційних ребер, встановлених у приладі:

тип 10 - однорядні сталеві радіатори без конвекторного оребрения і без облицювальних панелей;

тип 11 - однорядні сталеві радіатори з одним конвекторним ребрами і без облицювальних панелей;

тип 20 - дворядні сталеві радіатори без конвекторного оребрения і з верхньої ґратами;

тип 21 - дворядні сталеві радіатори з одним конвекторним ребрами, облицювальними панелями і верхньої ґратами;

тип 22 - дворядні сталеві радіатори з двома конвекторними ребрами, облицювальними панелями і верхньої ґратами;

тип 30 - трьохрядні сталеві радіатори без конвекторного оребрения і з верхньої ґратами;

тип 33 - трьохрядні сталеві радіатори з трьома конвекторними ребрами, облицювальними панелями і верхньої ґратами.

Цілком очевидно, що теплова потужність сталевих панельних радіаторів безпосередньо залежить від його конструкції. Чим більша кількість панелей та конвекційних ребер, тим вищою буде здатність приладу віддавати тепло в приміщення.

Серед усіх різновидів на вітчизняному ринку особливою популярністю користуються моделі типу 22. Вони поєднують дві нагрівальні панелі та два ряди оребрения, що забезпечує високий рівень тепловіддачі при помірній товщині конструкції. Такі радіатори підходять як для багатоквартирних будинків, так і для приватних осель, незалежно від площі кімнат. Їх компактність і невеликий об'єм теплоносія дозволяють економити енергоресурси, що особливо важливо для власників індивідуальних систем опалення.

Часто при виборі виникає питання: у чому різниця між радіаторами типу 11 та 22? Моделі типу 11, як і 10, мають лише одну панель та мінімальну товщину, проте й тепловіддача у них відносно невисока, адже тепло передається здебільшого за рахунок нагрівання повітря без значного впливу конвекції. Завдяки компактності їх доцільно встановлювати у вузьких просторах — наприклад, у ванних кімнатах або коридорах.

На відміну від них двопанельні радіатори типу 22 значно ефективніше прогрівають приміщення, хоча й мають більшу товщину. Найчастіше їх монтують під віконними прорізами, щоб створювати теплову завісу та запобігати проникненню холодного повітря.

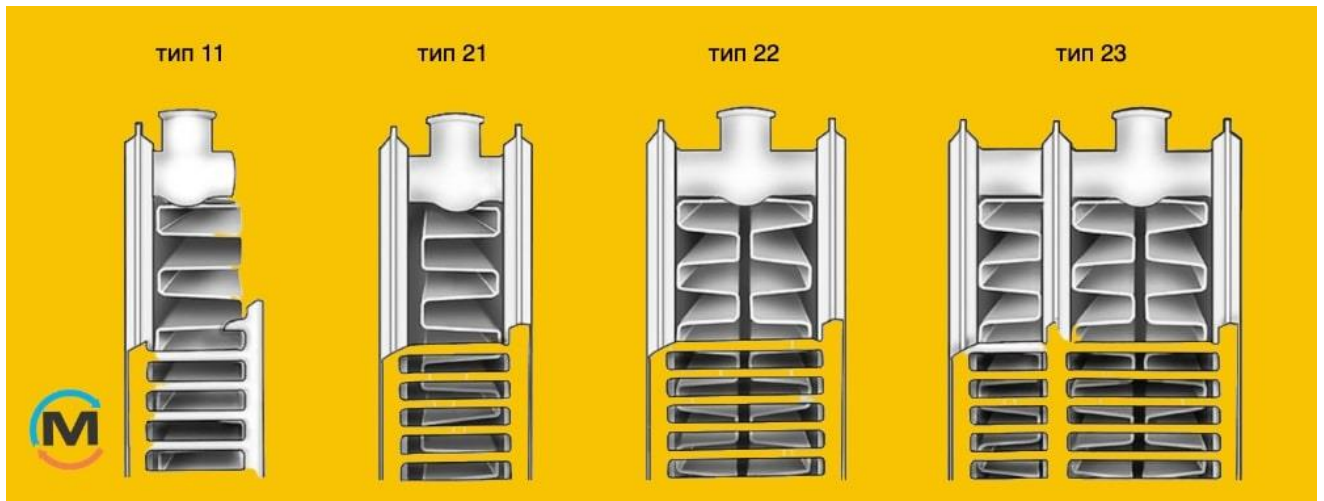


Рис. 3.6 Типи сталевих радіаторів

В кваліфікаційній роботі було обрано даний тип радіаторів вони гарно підходять для житлового будинку.

3.2.1 Вибір типу та характеристик радіаторів

Обрані панельні радіатори встановлюються

Гараж $F = 29,85 \text{ м}^2$

Повна площа без приміщень $F = 23,85 \text{ м}^2$

Тоді

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{гар}} = 1,085 \text{ кВт.}$$

Потік теплоти з одного квадратного метра площі q , Вт/м²:

$$g = \frac{1085}{29,85} = 36,64 \text{ м}^2.$$

Визначемо витрати теплоти в приміщеннях де встановлені радіатори

$$Q_{\text{гар}} = 1085 \text{ Вт.}$$

Для встановлення обираємо двохтрубну тупікову систему опалення. Труби прокладаються у підлозі.

Трубопроводи системи виконані з поліпропіленових труб Georg Fischer діаметром 20 мм та 25 мм. Подача теплоносія здійснюється від котельного приміщення, де розташовані розподільчі колектори. Температура теплоносія, що

подається в систему «тепла підлога», становить 40,12 °С. Підвищення температури теплового насоса до 55,4 °С призводить до зниження його енергоефективності, тому доцільно застосовувати комбіновану систему опалення — поєднання теплої підлоги та радіаторів.

Для встановлення обрано модельний ряд радіаторів фірми Mirado [14]. Ці прилади призначені для опалення житлових і громадських будівель та можуть ефективно працювати в двотрубних системах. Циркуляція теплоносія через панелі відбувається завдяки стільниковій системі, що підвищує тепловіддачу. Поверхня нагріву складається з панелей і конвекційних ребер, рівномірно розташованих по всій висоті.

Високий естетичний рівень приладів забезпечується дотриманням технології нанесення захисно-декоративного покриття та фарбування. Конструктивно панелі радіатора утворені двома профільованими листами з високоякісної холоднокатаної сталі, звареними по периметру методом роликового зварювання із суцільним швом.

Комплект постачання містить: кріплення, заглушку, кран Маєвського, ключ для випуску повітря, дюбелі та шурупи [14]. Для монтажу обрано радіатор Mirado, тип 22, розміром 500×800 мм.

3.3 Компоновка теплового насосу

Повні навантаження на тепловий насос $\Sigma Q = 19,3$ кВт.

Під час військових дій в Україні існує можливість аварійних та планових відключень електроенергії тому треба застосовувати коефіцієнт який враховує підвищення потужності на 10%.

Повна потужність

$$Q_{mn} = 1,1 \cdot \Sigma Q \quad (3.9)$$

$$Q_{mn} = 1,1 \cdot 19,3 = 21,2319, \text{ кВт.}$$

Для встановлення обрано тепловий насос Vaillant geoTHERM VWS 220/3, який використовується для опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування приміщень. Агрегат оснащений довговічним спіральним

компресором із впорскуванням пари та теплообмінником типу «гарячий газ». Таке технічне рішення дозволяє підвищити продуктивність системи та забезпечити до 15 % теплової енергії з температурою до 70 °С без зниження коефіцієнта перетворення (COP).

Вбудований таймер дає змогу ефективно використовувати багатотарифний облік електроенергії. Тепловий насос має погодозалежну автоматику, систему онлайн-контролю та дистанційного керування, а також обладнаний циркуляційними насосами зовнішнього контуру й насосами скидання тепла.

3.3.1 Розрахунок вертикального ґрунтового теплообмінника

Визначення довжини вертикального ґрунтового ТОА

$$L_c = \frac{10^3 \cdot Q_{mn}}{g_c} \cdot \frac{\varphi - 1}{\varphi} \quad (3.10)$$

де g_c - питомий тепловий потік, віднесений до 1 м свердловини, Вт/м;

Q_{mn} - теплова потужність теплового насоса, кВт;

φ – коефіцієнт перетворення ТН.

$$L_c = \frac{10^3 \cdot 21,2}{50} \cdot \frac{4,73 - 1}{4,73} = 334,5 \text{ м.}$$

З отриманого значення визначаємо кількість зондів $n = 5$ та глибину занурення $L = 70$ м.

3.4 Буферна ємність системи опалення

Буферні ємності в системах опалення — це теплоаккумулятори, призначені для зберігання надлишкової енергії, яка у даний момент не використовується. Вона може надходити від різних джерел тепла — котлів, теплових насосів, когенераційних установок чи сонячних колекторів — і за потреби повертатися назад у систему.

Комбінований накопичувач поєднує функції буферної ємності для опалення та накопичувального водонагрівача. Забір тепла для гарячого водопостачання (ГВП) відбувається через вбудований теплообмінник [15].

Конструктивно бак складається з термоізованої ємності, заповненої теплоносієм (для опалення) або водою (для ГВП). Якщо тепловий насос підключений до такого акумулятора, він зберігає вироблене під час роботи тепло. Завдяки цьому температура води в баку підтримується на заданому рівні, і при відкритті крана гаряча вода подається миттєво, без очікування на нагрів. Коли виникає потреба у теплій воді чи додатковому теплі для опалення, буферна ємність поступово віддає накопичену енергію [15].

Завдяки використанню буферної ємності система опалення на базі теплового насоса працює стабільно, без частих пусків і зупинок обладнання. Це зменшує зношування елементів і подовжує термін експлуатації всієї установки [15].



Рис 3.7 Буферна ємність

3.4.1 Розрахунки ємності

Визначаємо об'єм тепло акумулятора, л

$$V_{\text{ТА}} = (20 \dots 25) \cdot Q_{\text{mn}} \quad (3.11)$$

Мінімальний об'єм ємності

$$V = 21,2 \cdot 20 = 424 \text{ л.}$$

Згідно розрахунку обираємо буферну ємність Termico 400 літрів з ізоляцією

Технічні характеристики представлені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3

Технічні характеристики ВТА-3

Тип	V , л	h , мм	d , мм	m , кг	PN , бар	q , кВт
Termico 400 літрів з ізоляцією	400	1700	800	132	3	0,10

3.5 Система ГВП

У кваліфікаційній роботі для нагрівання гарячої води для побутового споживання використовують сонячні колектори.

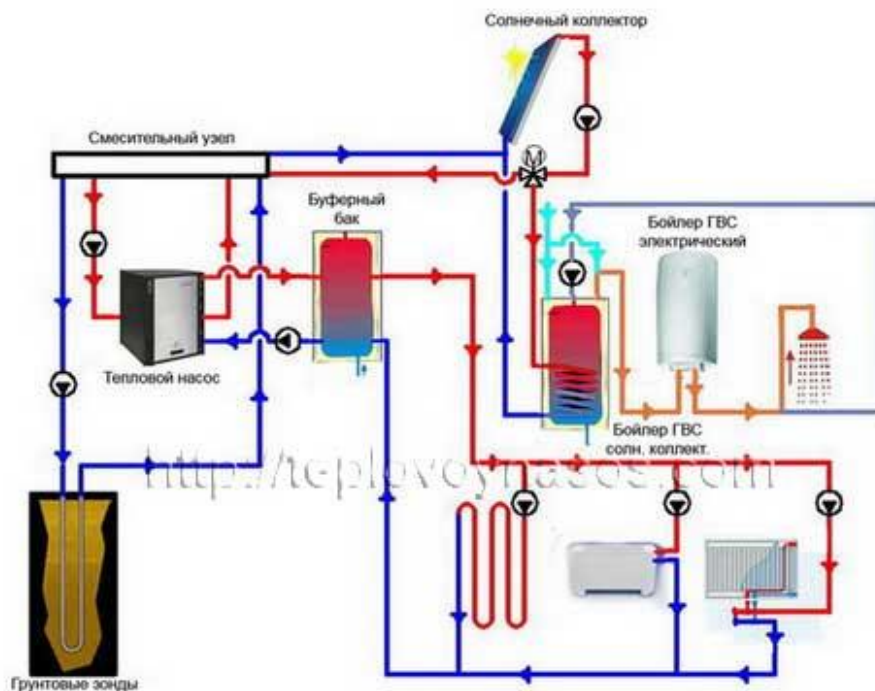


Рис 3.8 Схема системи ГВП та теплового насосу

Теплові насоси в комбінації з сонячними системами для ГВП . Чим менше різниця температур проміж емпературою джерела теплоти і температурою в системі тепlopостачання, тим вище _ ефективність роботи

теплового насоса. Тому для нагріву води в системі ГВП температура в прямому трубопроводі повинна підтримуватися на можливому рівні за рахунок більшої площі поверхні теплообмінника. Для використання сонячної системи разом з тепловим насосом АІК пропонує спеціальний водонагрівач для теплового насоса.

3.5.1 Плоскі сонячні колектори

Використання сонячної енергії для зменшення витрат на опалення та підготовку гарячої води — ідея не нова, однак у сучасних умовах постійного зростання тарифів на газ та електроенергію вона набуває особливої актуальності. Реалізувати її нескладно завдяки застосуванню плоских сонячних колекторів, ефективність яких вже довели численні приклади використання у країнах Європи, зокрема й в Україні [16].

Плоский сонячний колектор — це відносно проста за конструкцією, але дієва установка, призначена для перетворення сонячного випромінювання на теплову енергію. Такі пристрої застосовують для:

- нагріву води для побутових потреб;
- підтримки роботи систем опалення;
- підігріву води в басейнах.

Як теплоносій у більшості випадків використовують пропіленгліколь.

Ключовим елементом колектора є абсорбер — чорна теплоприймальна пластина, що ефективно поглинає сонячне випромінювання. Нагрівшись, вона передає енергію рідині, яка рухається трубками, розташованими безпосередньо біля поверхні абсорбера. Конструкція розміщується в герметичному корпусі з термоізоляцією, захищеному загартованим склом або ударостійким полікарбонатом. Для зменшення тепловтрат можуть застосовуватися додаткові шари скління [16].

Завдяки утворенню «парникового ефекту» температура пластини у сприятливих умовах може досягати 200 °С. Водночас, для запобігання

закипанню теплоносія, його температура у штатному режимі не повинна перевищувати 100 °С [16].

Продуктивність плоских колекторів оцінюють за кількістю гарячої води, отриманої з 1 м² поверхні. Для кліматичних умов України цей показник сягає близько 50 л на добу при температурі нагріву 50–60 °С [16].

3.5.2 Бойлерний накопичувальний бак

Для визначення необхідного об'єму бойлера слід враховувати середньодобові потреби споживачів дитбудинку, а також пікові навантаження, які припадають на ранкові та вечірні години. Об'єм бойлера визначається виходячи з того, що виробники водонагрівачів задають потужність теплообмінника саме відповідно до об'єму бака.

Вихідні дані для розрахунку:

Температура гарячої води на виході з бойлера: 60–65 °С

Температура гарячої води у точках споживання: 40–43 °С

Температура холодної води на вході: 10–12 °С.

Максимальна витрати води

для приймання душу 12 л/хв.

$$V_{\text{душ}} = V_{\text{сер.душ}} \cdot \tau \cdot n \quad (3.12)$$

$$V_{\text{душ}} = 10 \cdot 5 \cdot 5 = 250 \text{ л}$$

для кухні

$$V_{\text{кухн}} = V_{\text{сер.мойк}} \cdot \tau \quad (3.13)$$

$$V_{\text{кухн}} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ л.}$$

Повний об'єм використовуємої води з температурою 40 °С

$$V_{m.b} = V_{\text{душ}} + V_{\text{кухн}} \quad (3.14)$$

$$V_{m.b} = 250 + 25 = 275 \text{ л.}$$

Після розрахунків вибираємо бак Termico 300(2) технічні характеристики в таблиці 3.4

Таблиця 3.4

Технічні характеристики Eldom Green Line 300

Тип	V , л	h , мм	d , мм	m , кг	PN , бар	q , кВт
Termico	300	1625	700	84	9	0,04

3.5.3 Плоский колектор

За попередніми розрахунками та каталогом фірми обираємо 2 панелі THUNDER – 2M. Зовнішній вигляд представлений на рис 3.9



Рис. 3.9 Плоский сонячний колектор THUNDER – 2M

Технічні характеристики представлені в таблиці 3.5

Таблиця 3.5

Характеристики колектора

Тип колектора	Оптичний ККД, %	Коефіцієнт теплових втрат, Вт/(м ² ·К)	Теплоємність, кДж/(м ² ·К)	Температура, °С
THUNDER – 2M	82,3	3,88	5,42	198

3.6 Розширювальні баки

Невід'ємною частиною системи індивідуального опалення є розширювальний бак, який призначений для компенсації підвищення тиску води у мережі під час нагрівання теплоносія. Конструктивно бак являє собою металевий корпус з гумовою внутрішньою мембраною [17].

Різновиди розширювальних баків:

Відкриті баки – на сьогодні технічно застарілі, використовуються рідко.

Закриті мембранні баки – більш сучасні, поділяються на два типи:

Діафрагмові мембрани – застосовуються у невеликих баках, мембрана не підлягає заміні.

Балонні мембрани – застосовуються у великих баках, їх можна замінювати у міру зношування.

Монтаж розширювального бака

Для забезпечення ефективної роботи бака важливо правильно обрати місце його установки. Оптимальним вважається пряма ділянка трубопроводу перед циркуляційним насосом, де течія води максимально ламінарна та мінімум завихрень. Висота бака щодо статі або котла не критична, оскільки його основне призначення – компенсувати теплове розширення та гасити гідроудари. Надлишкове повітря у системі видаляється за допомогою повітряних кранів.

3.6.1 Розрахунок бака для системи опалення

Для кваліфікаційної роботи обираємо бак фірми SUNTERMO.

Необхідно знайти загальний об'єм системи опалення для визначення об'єму розширювального баку.

Об'єм бака

$$V_{\text{бак}} = \frac{V_{\text{сист}} \cdot E}{D} \quad (3.15)$$

де $V_{\text{сист}}$ – сумарний об'єм системи опалення, м³;

E – коефіцієнт розширення рідини, %;

D – ефективність бака.

$$V_{\text{сист}} = 23,6 \cdot 14,4 + 10,5 \cdot 1,085 = 350 \text{ л;}$$

$$E = 0,01 \text{ або } 1\%;$$

$$D = \frac{P_{\text{макс}} \cdot P_{\text{стат}}}{P_{\text{макс}} + 1} \quad (3.16)$$

де $P_{\text{макс}}$ – максимальний робочий тиск, $P_{\text{макс}} = 3$ бар;

$P_{\text{стат}}$ – тиск зарядження мембранного бака, $P_{\text{стат}} = 1,5$ бар.

$$D = \frac{3 \cdot 1,5}{3 + 1} = 0,375$$

Визначемо об'єм розширювального баку

$$V_{\text{бак}} = \frac{350 \cdot 0,01}{0,375} = 9,3 \text{ л.}$$

По розрахункам обираємо розширювальний бак SUNTERMO на 12 літрів

Характеристики бака:

Тип виробу	розширювальний бак
Монтажне положення	вертикальний
Положення підключення	знизу
Об'єм (Л)	12 л
Форма	циліндричний
Максимальний тиск (Pmax)	3 bar
Максимальна температура (°C)	+95°C
Приєднання патрубку (Dn)	½"
Матеріал корпусу	вуглецева сталь
Тип мембрани	змінна грушоподібна
Матеріал мембрани	гума (EPDM)
Виконання	без ніжок
Застосування	опалення
Бренд	SUNTERMO

3.6.2 Розрахунок бака для системи ГВП

Вихідні данні для вибору розширювального баку

– теплова потужність теплогенератора: $Q = 2,8$ кВт;

– об'єм бойлера ГВП: $V_{\text{бойл}} = 300$ л;

– пікова витрата води: $V_{\text{пик}} = 3,25 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$;

– максимальна температура води в бойлері: $t_{\text{макс}} = 60^\circ\text{C}$;

– мінімальна температура води в бойлері: $t_{\text{мін}} = 10^\circ\text{C}$;

– статичний тиск: $P_{\text{стат}} = 3$ бар;

– тиск спрацювання запобіжного клапана: $P_{\text{макс}} = 6$ бар.

В результаті отриманих даних обираємо розширювальний бак Zilmet HYDRO-PRO 18 3/4G номінальним об'ємом 18 л та розрахунковим тиском 10 бар. Загальний вигляд баку представлений на рис. 3.10.



Рис. 3.10 Бак Zilmet HYDRO-PRO 18 3/4G.

РОЗДІЛ 4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ

4.1 Трубопроводи системи опалення

Гідравлічний розрахунок системи опалення проводиться з метою знаходження необхідної масової витрати теплоносія та перепаду тисків. В результаті гідравлічного розрахунку необхідно обрати циркуляційний насос системи опалення.

Повна масова витрата води в системі

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{пов}})} \quad (4.1)$$

де Q – теплове навантаження на систему опалення, кВт;

C_p – питома масова теплоємність. $C_p = 4,187$ кДж/(кг·К).

$$m = \frac{21,23}{4,187 \cdot (40 - 35)} = 1,014 \text{ кг/с.}$$

Швидкість води в системах опалення 1 м/с.

$$\rho = 990 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad \nu = 0,696 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с.}$$

Внутрішній діаметр трубопроводу від буферної ємності до колекторного блока системи опалення

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot m}{\rho \cdot \omega \cdot \pi}} \quad (4.2)$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,014}{990 \cdot 1 \cdot \pi}} = 0,036 \text{ м.}$$

Обираємо труби фірми Укрметалопрокат Труба 36 x 2,0 -12X18Н10Т

Швидкість води за рівнянням нерозривності

$$\omega = \frac{4 \cdot m}{\rho \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2} \quad (4.3)$$

$$\omega = \frac{4 \cdot 1,014}{990 \cdot \pi \cdot 0,036^2} = 1 \text{ м/с.}$$

Циркуляційний насос переміщує воду від буферної ємності до колекторного блока системи опалення в тепловому пункті. Далі потік поділяється на три паралельні контури.

До першого колекторного блока теплої підлоги поступає перший контур до другого колекторного блока теплої підлоги другий контур. Циркуляцію в цих колекторах забезпечує власний насос.

Третій контур підключений до сталевих панельних радіаторів.

Необхідно знайти масові витрати, діаметри труб та швидкості теплоносія в першому, другому та третьому контурах.

Для першого контуру масова витрата на теплу підлогу $m_1 = 0,311$ кг/с.

Швидкість води 1 м/с.

Внутрішній діаметр труби

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,311}{990 \cdot 1 \cdot \pi}} = 0,02 \text{ м.}$$

З розрахунків обираємо трубу фірми UP! (Underprice) PN-16 20x2,8

Перевіряємо швидкість води

$$\omega_1 = \frac{4 \cdot 0,311}{990 \cdot \pi \cdot 0,02^2} = 1,034 \text{ м/с.}$$

Проводимо такий же розрахунок для другого контуру

$$m_2 = 0,393 \text{ кг/с.}$$

$$d_{\text{вн2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,393}{990 \cdot 1 \cdot \pi}} = 0,022 \text{ м.}$$

З розрахунків обираємо трубу фірми UP! (Underprice) PN-16 25 x 3,5

Перевіряємо швидкість води

$$\omega_2 = \frac{4 \cdot 0,393}{990 \cdot \pi \cdot 0,025^2} = 0,8 \text{ м/с.}$$

Проведемо розрахунки для третього контуру

$$m = \frac{1,085}{4,187 \cdot (45 - 40)} = 0,05 \text{ кг/с.}$$

$$d_{\text{вн3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,05}{990 \cdot 1 \cdot \pi}} = 0,008 \text{ м.}$$

З розрахунків обираємо трубу фірми UP! (Underprice) PN-10 10 x 2

Перевіряємо швидкість води

$$\omega_3 = \frac{4 \cdot 0,05}{990 \cdot \pi \cdot 0,008^2} = 0,8 \text{ м/с.}$$

Далі визначемо гідравлічний копир системи опалення. Розділимо трубопроводи на 4 гідравлічні кільця.

перше кільце: буферна ємність - колектори системи опалення;

друге кільце: колектори системи опалення – перший (8) колектор теплої підлоги;

третє кільце: колектори системи опалення – перший (12) колектор теплої підлоги;

четверте кільце: колектори – панельні радіатори в гаражі.

4.2 Розрахунок гідравлічного опору

Гідравлічний опір

$$\Sigma \Delta p_1 = \Delta p_{\text{лін}} + \Delta p_{\text{міс}} + \Delta p_{\text{ф}} \quad (4.4)$$

де $\Delta p_{\text{ф}}$ – гідравлічний опір фільтра, $\Delta p_{\text{ф}} = 165$ Па.

Лінійні гідравлічні втрати тиску

$$\Delta p_{\text{лін}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \quad (4.5)$$

Режим течії

$$\text{Re} = \frac{d \cdot \omega}{\nu} \quad (4.6)$$

$$\text{Re}_1 = \frac{1,034 \cdot 0,036}{0,696 \cdot 10^{-6}} = 51724 > 2320.$$

$$\lambda_1 = 0,11 \left(\frac{k_e}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} \quad (4.7)$$

де k_e – еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні труби, для поліпропіленових труб $k_e = 0,01$ мм.

$$\lambda_1 = 0,11 \left(\frac{0,01}{36} + \frac{68}{51724} \right)^{0,25} = 0,0219.$$

Довжина першого кільця 2 м.

$$\Delta p_{\text{лін}} = 0,0219 \cdot \frac{2}{0,036} \cdot \frac{990 \cdot 1^2}{2} = 603,5 \text{ Па.}$$

Місцеві гідравлічні втрати тиску

$$\Delta p_{\text{міс}} = \Sigma \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \quad (4.8)$$

Коефіцієнти місцевих втрат тиску

Згини труб

$$\frac{120}{36} = 3,33 > 3;$$

$$\xi = 0,3.$$

Колекторний блок

$$\xi = 9,5.$$

$$\Delta p_{\text{міс}} = (3 \cdot 0,3 + 9,5) \cdot \frac{990 \cdot 1^2}{2} = 2571 \text{ Па.}$$

Повний опір першого кільця

$$\Sigma \Delta p_1 = 2571 + 603,5 + 165 = 3339,5 \text{ Па.}$$

Так само проводимо розрахунки для інших кілець і отримуємо наступні значення

$$\Sigma \Delta p_2 = 3175 \text{ Па; } \Sigma \Delta p_3 = 3274 \text{ Па; } \Sigma \Delta p_4 = 2869 \text{ Па.}$$

4.3 Підбір насосу систему опалення

4.3.1 Циркуляційний насос системи опалення тепла підлога

Обираємо насос за наступними даними

Продуктивність $Q = 1,893 \text{ м}^3/\text{год}$;

Напір $H = 6,4 \text{ м}$.

Для системи тепла підлога обрано циркуляційний насос Wilo YONOS RICO1.0 25/1-8

Робочі характеристики насоса наведені на рис 4.1.

Технічні характеристики:

Максимальний напір: 8;

Монтажна довжина: 180 мм;

Споживана потужність: 75 Вт;

Робочий тиск: 10 бар;

Продуктивність: 4,4 куб.м/год.

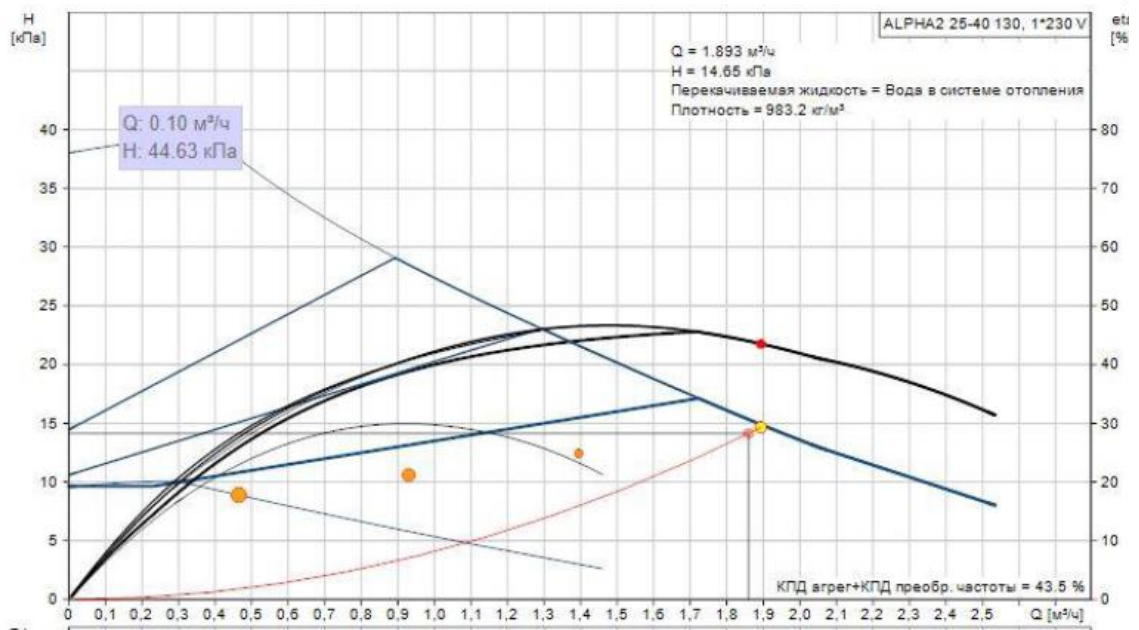


Рис. 4.1 Робочі характеристики насоса Wilo YONOS PICO1.0 25/1-8



Рис. 4.2 Загльний вигляд насосу Wilo YONOS PICO1.0 25/1-8

4.3.2 Циркуляційний насос для радіаторної системи опалення

Обираємо насос за наступними даними

Повна витрата $Q = 0,98 \text{ м}^3/\text{год}$;

Гідравлічні втрати $\Delta p_{w4} = 1962$ Па.

Для радіаторної системи обрано циркуляційний насос Rudes UPS 25-6-180

Робочі характеристики насоса наведені на рис 4.3.

Технічні характеристики:

Максимальний напір, м: 6;

Максимальна витрата, м³/год: 3.3;

Потужність двигуна, Вт: 100;

Електроживлення, В: 230;

Максимальний робочий тиск, бар: 10.

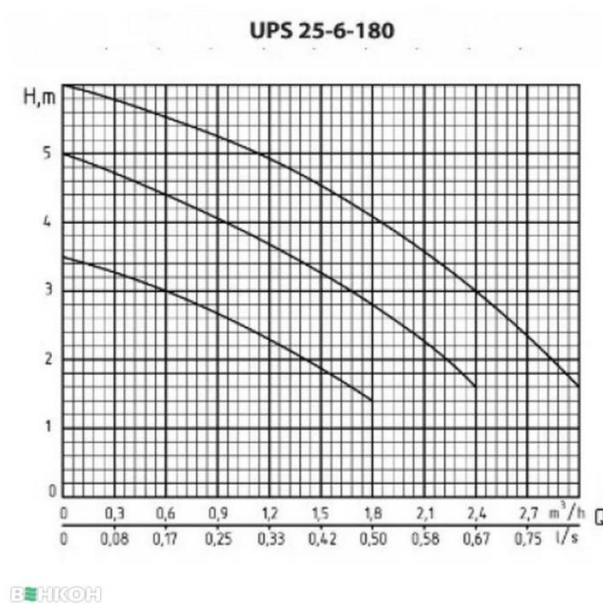


Рис. 4.3 Робочі характеристики насосу Rudes UPS 25-6-180



Рис. 4.4 Загальний вигляд насосу Rudes UPS 25-6-180

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

В кваліфікаційній роботі розробляється індивідуальна система теплопостачання житлового будинку. Система теплопостачання побудовано для забезпечення будинка гарячою водою для системи опалення та підігріву води в басейні. У даній дипломній роботі запроєктовано основне обладнання для теплопостачання:

- тепловий насос;
- циркуляційні та подаючі насоси системи опалення;
- трубопроводи, арматура покриті тепловою ізоляцією для зменшення теплових втрат(в проєкті не наводяться).

Кваліфікаційну роботу виконано з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. В даному розділі розроблено заходи, спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці та забезпечення пожежної безпеки на проєктованому об'єкті.

5.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів. Заходи з охорони праці.

5.1.1 Повітря робочої зони

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються наступними показниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення, температурою поверхні.

Згідно ДСН 3.3.6.042-99, роботи за важкістю у даному приміщенні можуть бути віднесені до категорії легкої тяжкості (І б).

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, норми мікроклімату виробничих приміщень наведено в таблиці 5.1.

Параметри мікроклімату виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура				Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с		
		оптимальна	Верхня межа		Нижня межа		оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш	Оптимальна, не більше ніж	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш
			На робочих місцях							
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних				
Холодний	Легкої тяжкості - І	21-23	24	25	30	17	0-60	75	0,1	До 0,2
Теплий		22-24	28	30	31	19	0-60	60 при 27 ⁰ С	0,2	0,1-0,3

Джерелами додаткового підвищення температури повітря є: технологічне устаткування, яке має високі температури нагріву; нагріті до високих температур деталі і розплавлені матеріали. Для підтримання нормативних параметрів мікроклімату в обчислювальному комплексі додатково впроваджено систему вентиляції та кондиціонування повітря.

Для вимірювання параметрів мікроклімату використовуються наступні прилади: ртутні та спиртові термометри (для вимірювання температури), психрометри (для визначення відносної вологості повітря), анемометри й кататермометри (для встановлення швидкості руху повітря).

Також проектом передбачено наступні заходи, згідно з ДСН 3.3.6.042-99:

- теплообмінне обладнання оснащується місцевою витяжною вентиляцією у вигляді локальних відсмоктувачів, витяжних зонтів та ін.;
- від перегрівання при попаданні прямих сонячних променів в теплий період року - встановлення жалюзі та ін., від радіаційного охолодження в зимовий період року - екранування робочих місць.

Розрахунок габаритів витяжного зонта

Припливні відсмоки активуються плоскими і компактними припливними струменями, які захоплюють навколишнє повітря і направляють його до місцевого відсмоку. Припливний потік повинен проходити в зоні шкідливих виділень і направлятися до центру всмоктуючого отвору, до того ж кількість відсмоктуючого повітря повинна перевищувати кількість повітря, що поступає з припливним потоком.

Зонти активуються піддувом по периметру, як показано на рис. 5.1.



Рис. 5.1 Зображення витяжного зонта

Стійкість системи «припливний потік - місцеве відсмоктування» відносно неорганізованих потоків повітря, що виникають в приміщенні, визначається величиною швидкості на осі повітряного потоку в «критичному перерізі», в якому вплив припливного потоку вже послаблений, а дія місцевого відсмоктування ще не значна. Ця швидкість становить 1-2 м/с. Швидкість виходу припливного повітря - не більше 10 м/с.

За [18] виконаємо наступні розрахунки.

Вважаємо відсмоктування круглого перерізу.

Відстань від припливного отвору до критичного перерізу:

$$x_{кр} = 0,848 \cdot B \quad (5.1)$$

де B - довжина потоку. Прийmemo 1,5 м.

$$x_{кр} = 0,848 \cdot 1,5 = 1,272 \text{ м.}$$

Осьову швидкість припливного потоку в критичному перерізі приймаємо

$$v_{\min} = 2 \text{ м/с.}$$

Середню швидкість в п припливному отворі приймаємо $v_1 = 6 \text{ м/с.}$

Швидкість всмоктування:

$$v_2 = 2,5 \cdot v_{\text{кр}} = 5 \text{ м/с.}$$

Звідси, діаметр припливного отвору

$$d_1 = 0,138 \cdot B \cdot v_{\min} / v_1 \quad (5.2)$$

$$d_1 = 0,138 \cdot 1,5 \cdot \frac{2}{6} = 0,069 \text{ м.}$$

Діаметр всмоктуючого отвору

$$d_1 = 0,196 \cdot B \cdot (v_{\min} / v_2)^{1/2} \quad (5.3)$$

$$d_1 = 0,196 \cdot 1,5 \cdot (2/5)^{\frac{1}{2}} = 0,186 \text{ м.}$$

Об'єм припливного повітря

$$L_1 = 55 \cdot B^2 \cdot v_{\min}^2 / v_1 \quad (5.4)$$

$$L_1 = 55 \cdot 1,5^2 \cdot \frac{2^2}{6} = 81,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Об'єм всмоктуючого повітря

$$L_2 = 100 \cdot B^2 \cdot v_{\min} \quad (5.5)$$

$$L_2 = 100 \cdot 1,5^2 \cdot 2 = 450 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Виходячи з вище зроблених розрахунків, підбираємо круглий витяжний зонт компанії STARVENT типу острівного нестандартного моделі ЗВО - 4.

5.1.2 Виробниче освітлення

Для нормальної зорової роботи з обчислювальним комплексом створюються умови, за яких не виникають професійні захворювання або виробничий травматизм. Освітлення має відповідати встановленим нормативам та характеру зорової виробничої діяльності. Для нормальної роботи оператора комп'ютерної установки забезпечується відповідне освітлення приміщення. Для цього визначаємо вид зорових робіт які будуть виконуватися при нормальній

роботі обладнання, ремонті та аварійному режимі. Норми освітленості і КПО цеху, відповідно до ДБН В.2.5.28:2018 занесемо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Норми освітленості і КПО цеху, згідно ДБН В.2.5-28:2018

Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщення
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
<i>IV_B</i>	400	200	4 і 1,5	2,4 і 0,9

Для освітлення виробничого приміщення використовуються люмінесцентні лампи з денним світлом типу ЛД – 40(G13) та світильники з світлодіодними лампами LED з потужністю 20 Вт в холодильній камері. В овочесховищі передбачено пристрій аварійного евакуаційного освітлення - мінімальна освітленість 1 лк на вулиці і 2 лк в приміщенні.

Для контролю освітленості передбачено люксметр типу Ю-117.

5.1.3 Виробничий шум і вібрація

Одним з головних умов організації роботи промислового підприємства є контроль рівня шуму і вібрацій, які негативно впливають на здоров'я обслуговуючого персоналу. Безперервний шум від працюючих компресорів, охолоджувачів повітря і інших пристроїв можуть викликати порушення в організмі людини: психічні проблеми; зниження працездатності і продуктивності праці персоналу; погіршення слуху і виникнення головного болю; підняття артеріального тиску; нервова і фізична перевтома.

Крім шуму, велику небезпеку несе вібрація, що виникає від обертових механізмів, рідини в трубах і при роботі компресорів, яка передається на будівельні конструкції, викликаючи загрозу їх руйнування.

Рівень шуму на виробництві залежить від одночасної роботи всього обладнання і не повинен перевищувати 80 дБА, згідно ДСН 3.3.6.037–99. Фактичне значення складає 78 дБА, що відповідає вимогам.

Відповідно до ДСН 3.3.6.039-99 нормуються допустимі величини віброшвидкості (Дб, м/с) або віброприскорення (Дб, м/с²) відповідно:

- трубопроводи з середньгеометричною частотою смуг 31,5 Гц відповідно для 1/3 окт: 87 Дб або 0,11 м/с, 57 Дб або 0,224 м/с²; для 1/1 окт: 92 Дб або 0,2 м/с, 62 Дб або 0,4 м/с²;

- компресори з середньгеометричною частотою смуг 40 Гц для 1/3 окт: 87 Дб або 0,11 м/с, 59 Дб або 0,29 м/с².

Заходи щодо віброізоляції знижують коливання від працюючого устаткування, сприяють зменшенню шуму і збільшують надійність будівельних конструкцій.

Віброізолюючі елементи:

а) у вигляді окремих опор:

- пружинні віброізолятори, основним робочим елементом яких є одна або кілька сталевих гвинтових пружин;

- пружні прокладки, нерідко мають складну форму;

б) у вигляді шару пружного матеріалу, що укладається між машиною і фундаментом;

в) у вигляді плаваючої підлоги на пружній основі. Підлога на пружній основі являє собою залізобетонну стяжку, влаштовану на пружній основі поверх несучої плити перекриття будівлі.

Також при установці надпотужних промислових компресорів обов'язковою умовою є організація для них локальних фундаментів, відокремлених від конструкції будівель.

Для поглинання шуму від роботи конденсатора використовується пористий акустичний поролон, який розсіює звукову енергію і перетворює її в теплову. Для збільшення звукоізоляції працюючих компресорів використовується непориста, еластична самоклеюча звукоізоляція на кам'яній основі.

Для контролю шуму і вібрації використовується шумомір і вібратор АСВШ-МГ4.

Якщо в робочій зоні рівень перевищує нормативні значення і заходи щодо віброізоляції і поглинання шуму не знижують його рівень, додатково застосовують індивідуальні засоби захисту від шуму, відповідно до ДСТУ ГОСТ 26568:2009.

5.1.4 Випромінювання

В процесі роботи обчислювальних комплексів робочий персонал піддається інфрачервоному випромінюванню від теплообмінного обладнання, освітлювання та додаткового устаткування.

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь нагріву технологічного обладнання, освітлюючих приладів, інсоляції від зашкленних огорожень не повинна перевищувати: 35 Вт/м² при опроміненні 50 % поверхні тіла і більше; 70 Вт/м² - при величині опромінення поверхні тіла 25-50 %; 100 Вт/м² - при опроміненні не більше 25 % поверхні тіла працюючого.

При наявності відкритих джерел випромінювання (нагрітий метал, скло, відкрите полум'я) допускається інтенсивність опромінення до 140,0 Вт/м². Розмір опромінюючої площі не повинен перевищувати 25% поверхні тіла працюючого при обов'язковому використанні засобів індивідуального захисту (спецодяг, окуляри, спецвзуття)

Заходи захисту від інфрачервоного випромінювання, передбачені проектом:

- теплоізоляція гарячих поверхонь;
- охолодження тепловипромінюючих поверхонь (фреоном, водою);
- видалення робочих від місця випромінювання (захист відстанню);
- автоматизація (механізація) виробничих процесів (щит управління);
- екранування джерела випромінювання;
- застосування засобів індивідуального захисту (використання спецодягу з бавовняної тканини з вогнестійкою просоченням, спецвзуття, окуляри зі

світлофільтрами з жовто-зеленого або синього скла, рукавичок, рукавиць, захисних масок).

5.1.5 Електробезпека

У робочому приміщенні живлення електроустановок здійснюється від 3-х фазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Згідно ПУЕ - 17 гранично допустимі напруги дотику наведено в таблиці 5.3

Таблиця 5.3

Гранично допустима напруга дотику

Тривалість дії, с	До 0,1	0,2	0,5	0,7	0,9	Понад 1 сек. до 5 сек.
Напруга дотику, В	500	400	200	130	100	6

Технічні засоби для безпеки працюючого персоналу на комп'ютерній установці, передбачені роботою:

- ізоляція струмопровідних частин;
- мала напруга, вирівнювання потенціалів;
- запобіжна сигналізація, блокування, знаки безпеки;
- засоби індивідуального захисту;
- маркування струмоведучих частин електроустаткування, усі струмоведучі частини пофарбовані в яскраво червоний колір;
- недосяжність підвісу живлячого провідника.

Захист людини від ураження електричним струмом в мережі із зануленням здійснюється завдяки тому, що при замиканні однієї з фаз на занулений корпус в ланцюзі цієї фази виникає струм короткого замикання, який впливає на струмовий захист, внаслідок чого відбувається відключення аварійної ділянки від мережі. Крім того, ще до спрацьовування захисту струм короткого замикання викликає перерозподіл напруги в мережі, напругу корпусу, що призводить до зниження, щодо землі. Таким чином, занулення зменшує напругу дотику і

обмежує час, протягом якого людина, що доторкнулася до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Для захисту від удару струму в випадку пошкодження ізоляції використовується автоматичне відключення живлення.

Організаційний засіб електробезпеки: дотримання правил улаштування електроустановок і правил техніки безпеки при експлуатації обладнання.

Основні заходи електробезпеки, передбачені проектом:

- Ізоляція струмопровідних частин, які знаходяться під напругою.
- Мала напруга в електричних ланцюгах змінного струму, що не перевищує 40 В, і постійного струму - не вище 110 В.
- Елементи для захисного заземлення металевих, неструмоведучих частин, які випадково можуть потрапити під напругу (при порушенні ізоляції, режиму робіт і т.п.
- Автоматичні пристрої, які відключають електроспоживачів від мережі, якщо доступні для людського дотику здебільшого потрапляють під напругу.
- Засоби контролю ізоляції та сигналізації про їх ушкодження, а також для відключення установки при зменшенні опору ізоляції нижче припустимого рівня.
- Попереджувальні написи, знаки, фарбування струмопровідних частин у сигнальні кольори та інші засоби сигналізації про небезпеку.
- Використовується знижена напруга (аварійне освітлення 220 В, система місцевого освітлення 42 В, переносне освітлення 12В).
- Світильники розташовуються на висоті не менш 2,5 м над робочими місцями.

Біля вимикачів, контакторів, магнітних пускачів, рубильників та інших пускових пристосувань, а також запобіжників, змонтованих на групових щитах, повинна бути напис і покажчик, до якого двигуну вони належать.

Для захисту електричних ланцюгів від струмів перевантаження та від короткого замикання застосовують запобіжники. Залежно від типу електроспоживача, запобіжники можуть бути пробкових, трубкові, пластинчасті і інших видів.

5.2 Пожежна безпека

У складському приміщенні небезпека виникнення пожежі пов'язана з наявністю великих запасів дерев'яної тари, утворенням вибухонебезпечної суміші при витоку аміаку з киснем, великої кількості споживачів електроенергії різної потужності і т.п. Однією з причин виникнення пожежі в холодильній установці може бути займання матеріалів (контейнери) і речовин, аварія обладнання в одному з цехів або удар блискавки. Будівлю холодильної установки виконано, згідно ДБН В.1.1-7-2016.

За пожежною небезпекою, згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016, приміщення овочесховища відноситься до категорії "В".

Будівля та приміщення забезпечуються необхідною кількістю вогнегасників, згідно з вимогами загальнодержавних Правил пожежної безпеки в Україні, які встановлюються в легкодоступних та помітних місцях (коридорах, біля входів або виходів з приміщень) таким чином, щоб вони не заважали під час евакуації.

Відстань від можливого осередку пожежі (найбільш віддаленого місця у приміщенні) до місця розташування вогнегасника не повинна перевищувати 20 м. Місця знаходження вогнегасників позначаються вказівними знаками, згідно з чинними державними стандартами.

Впроваджено наступні засоби пожежогасіння (згідно з ДСТУ 3675-98):

- пінні вогнегасники типу ОХП-10, повітряно-пінні вогнегасники типу ОВП-10;

- порошкові ОП-2, ОП-5;

- пісок.

Встановлюється охоронно-пожежна сигналізація автономного типу.

В овочесховищах застосовується розпилена вода як один із способів пожежогасіння. Відповідно до ДБН В.2.5-56-2014, в компресорному цеху встановлюється автоматичне водяне пожежогасіння.

Склад захищено від прямого удару блискавки (відповідно до ДСТУ Б В.2.5-38:2008) за допомогою блискавковідводу, що складається з блискавкоприймача (що приймає на себе розряд блискавки), заземлювача і струмопровідника. Тип

одиначний стрижньовий: $h = 100$ м, висота його зони захисту під землею $h_0 = 0,87 \cdot 100 = 87$ м. Радіус зони захисту на рівні землі $r_0 = 1,5 \cdot 100 = 150$ м.

Показники пожежонебезпечності речовин та матеріалів занесено до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Показники пожежонебезпечності речовин та матеріалів

Випарні	Назва дільниці	Речовини, що мають обіг у	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо – та вибухо-небезпечності			Межа запалення		Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення	Клас приміщення і зовнішніх	Влаштування
					Температура спалаху, °C	Температура займання, °C	Температура								
Трубопровід	Аміак	газ	Горюча		172	172	651	16-27	-	2с	T1	Вогнегасники, пісок,	В	2	одиначний
Масло	Рід.	Горюча											П-2а		

Джерелами локальних викидів аміаку можуть служити процеси стиснення газоподібного і нагнітання рідкого аміаку, а також зливно-наливні операції. При викиді газоподібного та протіканні рідкого аміаку формується токсична газова хвиля, потужність якої визначається масою викиду. Швидкість руху газової хвилі і міграція токсичної хмари, яка утворюється, залежать від кліматичних умов, в основному від стану атмосфери. Протікання рідкого аміаку набагато більш небезпечні, ніж викиди газоподібного, оскільки при протіканні рідкого аміаку джерело утворення газової хвилі існує тривалий час.

ВИСНОВОК

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено систему теплопостачання індивідуального житлового будинку з використанням ґрунтового теплового насоса у селі Гірка Полонка, Луцького району, Волинської області. Виконані розрахунки показали, що застосування теплового насоса дозволяє забезпечити ефективне та енергоощадне опалення будівлі та гаряче водопостачання.

Було проведено:

- розрахунок теплових втрат приміщень;
- визначення середнього надходження тепла;
- розрахунок вертикального ґрунтового теплообмінника;
- розробку системи опалення з теплою підлогою та радіаторами;
- підбір необхідного обладнання для системи;
- розробку заходів з охорони праці при монтажі та експлуатації.

Завдяки використанню сучасного обладнання та низькотемпературних систем опалення забезпечується високий коефіцієнт корисної дії теплового насоса, економія енергоресурсів і підвищена комфортність умов для мешканців будинку.

Таким чином, виконана робота підтверджує ефективність застосування ґрунтових теплових насосів для індивідуальних систем теплопостачання та може бути використана як практичний посібник для проектування опалювальних систем у житлових будинках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна».
2. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».
3. СНиП 3.05.01-85* «Внутрішні санітарно-технічні системи».
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».
5. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
6. ДБН В.2.2-15-2005 «Будинки і споруди. Житлові будинки».
7. ДСТУ Б В.2.7-80-98 «Цегла та камені силікатні».
8. ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи».
9. ДСТУ Б А.2.4-41:2009 «Система проєктної документації для будівництва. Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря. Робочі креслення».
10. «Курсове і дипломне проєктування з вентиляції громадських і промислових будівель» В. П. Титов, Е. В. Сазонов, Ю. С. Краснов, В. І. Новожилов. Київ, 2022 р.
11. Довідник проєктувальника. Внутрішні санітарно-технічні пристрої. Частина І. «Опалення» В. М. Богословський, Б. А. Крупнов, А. М. Сканаві, під редакцією І. Г. Староверова та Ю. І. Шиллера. Київ, 2000 р.
12. Irina, Z. (2022, June). WAR IN UKRAINE AND ITS ECONOMIC CONSEQUENCES. In *The 12 th International scientific and practical conference “International scientific innovations in human life” (June 8-10, 2022) Cognum Publishing House, Manchester, United Kingdom. 2022. 991 p. (p . 843).*
13. Довідник з теплопостачання і вентиляції. Підручник 1-й. Р. В. Щокін, С. М. Кореневський, Г. Е. Беем. Київ, 2022 р.
14. Каталог фірми REHAU «Трубопровідна система RAUTITAN для водопровідної і радіаторного розведення».
15. Murashko, O., Havry ly uk, R., Zhuvahina, I., Chornovol, A., & Andriy enko, M. (2021). Economic and legal asp ects of EU insurance market develop ment..
16. Каталог фірми Danfoss «Радіаторні терморегулятори RTD».
18. Каталог фірми Grundfos «Циркуляційні насоси серії 2000».
19. Каталог фірми Sistemair.