

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

«До захисту допущено»

Завідувачка кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

(підпис)

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ” _____ 2024 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: «Теплонасосна система тепlopостачання приватного житлового будинку
с. Віта-Поштова Київської області»

Виконала: студентка IV курсу, групи ТП - 01

Матусевич Христина Богданівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник

доцент, к.т.н. Наталя ПРИТУЛА

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант з охорони праці доцент, к.т.н. Сергій КАШТАНОВ

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Науковий керівник

(підпис)

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра Теплової та альтернативної енергетики

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

(підпис)

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ____ ” _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студентці**

Матусевич Христині Богданівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Теплонасосна система теплопостачання приватного житлового будинку с. Віта-Поштова Київської області»

керівник проекту Притула Наталя Олександрівна, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 2024 р. № ____

2. Термін подання студентом проекту _____ .2024 р.

3. Вихідні дані до проекту с. Віта-Поштова, Києво-Святошинського району, Київської обл.; призначення приміщення - житлове; кількість мешканців у будинку - 5; загальна площа будинку 386 м²; температурний графік радіаторної системи опалення – 55-40°C; панельної системи опалення тепла підлога 40-32°C.

4. Зміст пояснювальної записки 1) Розрахувати теплові навантаження на опалення і на гаряче водопостачання; 2) Розрахувати теплову схему котельні; 3) Вибрати основне та допоміжне обладнання котельні (тепловий насос, конденсаційний котел); 4) Розрахувати систему опалення будинку; 5) Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1) Схема трубопроводів – 1 арк. ф. А1. 2) Розташування обладнання. Схема розташування трубопроводів – 1 арк. ф. А1. 3) Підлогове опалення – 1 арк. ф. А1. 4) Радіаторне опалення – 1 арк. ф. А1. 5) Аксонометричні схеми системи опалення – 1 арк. ф. А1.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
охорона праці	Сергій КАШТАНОВ, доцент		

7. Дата видачі завдання 01.05.2024 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Розрахунки теплових навантажень споживачів на опалення (середні, річні) та на ГВП	08.05.24 р.	
2	Теплова схема котельні (опис роботи контурів схеми, вихідні дані для розрахунку, розрахунки для трьох характерних режимів)	13.05.24 р.	
3	Вибір основного та допоміжного обладнання котельні (теплові насоси, газовий конденсаційний котел, теплоаккумулятори, електричний водонагрівач, розширювальні баки насоси)	20.05.24 р.	
4	Розрахунок систем теплої підлоги і радіаторного опалення	28.05.24 р.	
5	Охорона праці	31.05.24 р.	
6	Оформлення графічної частини	03.06.24 р.	
7	Оформлення пояснювальної записки	03.06.24 р.	

Студент

(підпис)

Христина МАТУСЕВИЧ

(ім'я, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Наталя ПРИТУЛА

(ім'я, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: «Теплонасосна система теплопостачання приватного житлового будинку
с. Віта-Поштова Київської області»

Київ – 2024 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Пояснювальна записка	110	
3	A1	КП.ДПБ.24.144.42.ТМК.001	Система трубопроводів	1	
4	A1	КП.ДПБ.24.144.42.ТМК.002	Розташування обладнання. Схема розташування трубопроводів. (М1:65)	1	
5	A1	КП.ДПБ.24.144.42.ТМК.003	Підлогове опалення (М1:65)	1	
6	A1	КП.ДПБ.24.144.42.ТМК.004	Радіаторне опалення (М1:65)	1	
7	A1	КП.ДПБ.24.144.42.ТМК.005	Аксонетричні схеми системи опалення	1	

				КП.ДПБ.24.144.42		
	ПБ	Підп.	Дата			
Студент	Христина МАТУСЕВИЧ			Відомість дипломного проекту	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Наталя ПРИТУЛА				1	110
Консульт.	-				КП ім. Ігоря Сікорського, НН ІАТЕ, Кафедра ТАЕ	
Н.контр.	Тетяна ШЕЛЕШЕЙ					
Зав.каф.	Ольга ЧЕРНОУСЕНКО					

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на тему: «Теплонасосна система тепlopостачання приватного житлового будинку с. Віта-Поштова Київської області» 110 с., 37 рис., 22 табл., 26 джерел, 5 креслеників формату А1.

Об'єкт розробки – приватний житловий будинок в с. Віта – Поштова, Київської області.

Мета роботи – розрахунок тепловтрат для будинку і підбір основного обладнання.

Проведений розрахунок теплових навантажень на систему опалення і гарячого водопостачання, розрахунок теплової схеми котельні, вибір основного та допоміжного обладнання.

Теплова схема котельні забезпечує споживача тепловою енергією з температурним графіком для радіаторного опалення 55-40 °С і для системи «теплої підлоги» – 40-32 °С. В котельні передбачається встановлення двох теплових насосів «повітря - вода» фірми "Vaillant" потужністю 10,2 кВт і газового конденсаційного котла теж фірми "Vaillant", потужністю 25 кВт.

На кресленнях показано загальну теплову схему котельні, розташування обладнання та схему трубопроводів, наведено схеми підлогового і радіаторного опалення.

За відомими сучасними методиками були проведенні розрахунки для підбору основного та допоміжного обладнання котельні: теплових насосів, котла, теплоаккумуляторів, ємнісного водонагрівача, розширювальних баків. Розглянуто питання організаційного та технічного забезпечення захисту працівників. Були визначені заходи, необхідні для забезпечення пожежної безпеки. Переглянуті правила експлуатації обладнання та протоколи технічного обслуговування для забезпечення ефективної роботи та тривалого терміну служби.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: тепловий насос, тепловтрати, конденсаційний котел, енергія, опалення, «тепла підлога».

SUMMARY

Diploma project of the first (bachelor's) level of higher education on the topic: "Heat pump system of heat supply of a private residential building in the village of Vita-Poshtova, Kyiv region" 110 p., 37 pict., 22 tables, 26 sources, 5 drawings in A1 format.

The object of development is a private residential building in the village of Vita-Poshtova, Kyiv region.

The purpose of the work is to calculate heat losses for the house and select the main equipment.

The calculation of thermal loads on the heating and hot water supply system, calculation of the boiler house thermal scheme, selection of main and auxiliary equipment was carried out.

The thermal scheme of the boiler house provides the consumer with thermal energy with a temperature schedule for radiator heating of 55-40 °C and for the "warm floor" system - 40-32 °C. The boiler room is to be equipped with two air-to-water heat pumps from Vaillant with a capacity of 10.2 kW and a gas condensing boiler also from Vaillant with a capacity of 25 kW.

The drawings show the general thermal scheme of the boiler house, the location of the equipment and the piping scheme, and the schemes of underfloor and radiator heating.

According to well-known modern methods, calculations were carried out to select the main and auxiliary equipment of the boiler house: heat pumps, boiler, heat accumulators, capacitive water heater, expansion tanks. The issues of organizational and technical support for the protection of workers were considered. The measures necessary to ensure fire safety were identified. The rules of equipment operation and maintenance protocols have been revised to ensure efficient operation and long service life.

KEYWORDS: heat pump, heat loss, condensing boiler, energy, heating, underfloor heating.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА	13
1.1. Опис будівлі	13
1.2 Характеристика зовнішніх обмежувальних конструкцій.....	13
1.3 Висновок до розділу 1	16
2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ОПАЛЕННЯ І НА ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКУ	17
2.1 Вихідні дані.....	17
2.2 Теплова потужність системи опалення.....	18
2.3 Тепловтрати будівлі	18
2.4 Визначення побутових надходжень теплоти	31
2.5 Визначення середніх та річних витрат теплоти на опалення	32
2.6 Програма "InstalSystem - TECE" та порівняння розрахунків	33
2.7 Розрахунок теплових навантажень для системи гарячого водопостачання.....	36
2.8 Висновки до розділу 2	39
3 ОСНОВНІ АСПЕКТИ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	40
3.1 Принципова тепломеханічна схема.....	40
3.2 Розрахунок теплової схеми	43
3.3 Вибір теплового насосу	48
3.4 Вибір газового конденсаційного котла	55

						КПІ.ДПБ.24.144.42.ПЗ		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата			
Студент	Матусевич					Система теплопостачання приватного житлового будинку с. Віта-Поштова Київської області	Сталія	Арк.ші
Керівник	Притула						ДПБ	7
Т.конт.	Середа							110
Н.контр.	Шелешей						КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ІАТЕ, кафедра ТАЕ	
Зав.каф.	Черноусенко							

3.5 Підбір теплоаккумуляторів	57
3.6 Вибір ємнісного водонагрівача.....	60
3.7 Підбір розширювальних баків	64
3.8 Підбір насосних груп	67
3.9 Система комплексного очищення води	71
3.10 Висновки до розділу 3	73
4 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ	74
4.1 Система «теплої підлоги»	74
4.2 Система радіаторного опалення	88
4.3 Висновки до розділу 4	95
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	96
5.1 Технічні рішення та організаційні заходи щодо безпечної експлуатації об'єкта	97
5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії	100
5.3 Пожежна безпека.....	103
5.4 Висновки до розділу 5	105
ВИСНОВКИ.....	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	108

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення:

Q – тепловий потік, кількість теплоти;

k – коефіцієнт теплопередачі;

F – площа поверхні;

Δt – температурний перепад;

t – температура;

L – довжина;

V – об'єм;

G – витрата;

m – кратність повітрообміну;

ρ – густина;

c – теплоємність;

ω – швидкість;

f – площа поперечного перерізу;

d – діаметр.

Індекси:

- Нижні:

о – опалення;

макс – максимальний;

сер – середній;

вн – внутрішній;

р – розрахункова;

річн – річна;

п – повітря;

гв – гаряча вода;

хв – холодна вода;

з – зовнішній;

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
							9
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

сист – система;
 вит – витікання;
 м.п – мережевий підігрівник;
 в.к – водогрійний котел.
 рец – рециркуляція;
 м – мережа;
 мн – мережний насос;
 в – вода;
 тр – трубопроводи.
 - Верхні:
 л – літній період;
 ж – житлові;
 max – максимальний;
 в – відпуск;
 ном – номінальна;
 в.п – власні потреби;
 р – робоче.

Скорочення:

НВДЕ – нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії;
 ТН – тепловий насос;
 ВТП – водяний теплий підлоговий (обігрів);
 ТНУ – теплонасосна установка;
 ХВП – хімводопідготовка.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
							9
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

ВСТУП

Людство в усі роки свого існування використовує багато енергії для комфортного життя. Приготування їжі, обігрів приміщень в холодний період, освітлення та інші види діяльності потребують затрат енергії. Це говорить про те, що саме енергетична галузь є дуже важливою для суспільства, економіки і промисловості усіх країн, зокрема і для України.

Джерела енергії, які використовуються і сьогодні, поділяються на традиційні та альтернативні [1]. Нафта, природний газ і вугілля – найбільш поширені компоненти саме традиційних джерел енергії. Їх кількість зменшується з кожним роком і це є їх головним недоліком. Крім того що дані ресурси є вичерпаними, вони також є невідновлюваними. Саме ця ситуація показує, що найближчим часом традиційні джерела енергії стануть недоступними і їх використання буде неможливим.

Ще одним вагомим недоліком є екологічна проблема планети. Порушується кліматичний баланс, що має негативний вплив на людство, тваринний світ та природу загалом. При спалюванні корисних копалин, відбуваються викиди парникових газів, що передбачають екологічні проблеми [2,3]. Вичерпні ресурси різних видів палива, низька ефективність їх використання у сукупності з різким зростанням ціни на них і згубний вплив на навколишнє середовище змушує задуматись над альтернативними варіантами [4]. Через це з'явилась потреба у використанні відновлювальних джерел енергії.

Альтернативні (відновлювальні) джерела енергії являють собою потоки енергії, що постійно або періодично існують в довкіллі. Вони поділяються на дві основні групи:

- енергія, що використовується безпосередньо від сонячного випромінювання;
- інші прояви даної енергії у вигляді вітрової, геотермальної, гідроенергії, теплової енергії, яка надходить від навколишнього середовища, енергії біомаси тощо [5].

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		11

Вагому роль нового постіндустріального технологічного укладу разом з нанотехнологіями займає альтернативна енергетика. Вона є однією з базових напрямів технологічного прогресу в світі. На жаль, на сьогоднішній день частка нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії (НВДЕ) складає лише 3% у виробництві всієї енергії. Але до 2035 р., згідно з українською енергетичною стратегією, дана частка зросте приблизно до 20% на загальному енергобалансі країни [6].

Велика частина використання енергії у світі припадає на опалення і кондиціонування, особливо в житлових районах. Тому щоб не забруднювати повітря та навколишнє середовище викидами CO₂ через викопне паливо, що застосовується для даних систем теплопостачання необхідний перехід на НВДЕ. Особливу увагу потребують низькотемпературні джерела енергії. Використання теплових насосів (ТН) та конденсаційних котлів є більш екологічно чистим варіантом, що забезпечить належну продуктивність, ефективність і надійність. ТН повинні стати одними із затребуваних джерел енергії для систем опалення будинків, щоб досягнення чистих нульових викидів змогло реалізуватись до 2050 року [6].

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		12

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА

1.1. Опис будівлі

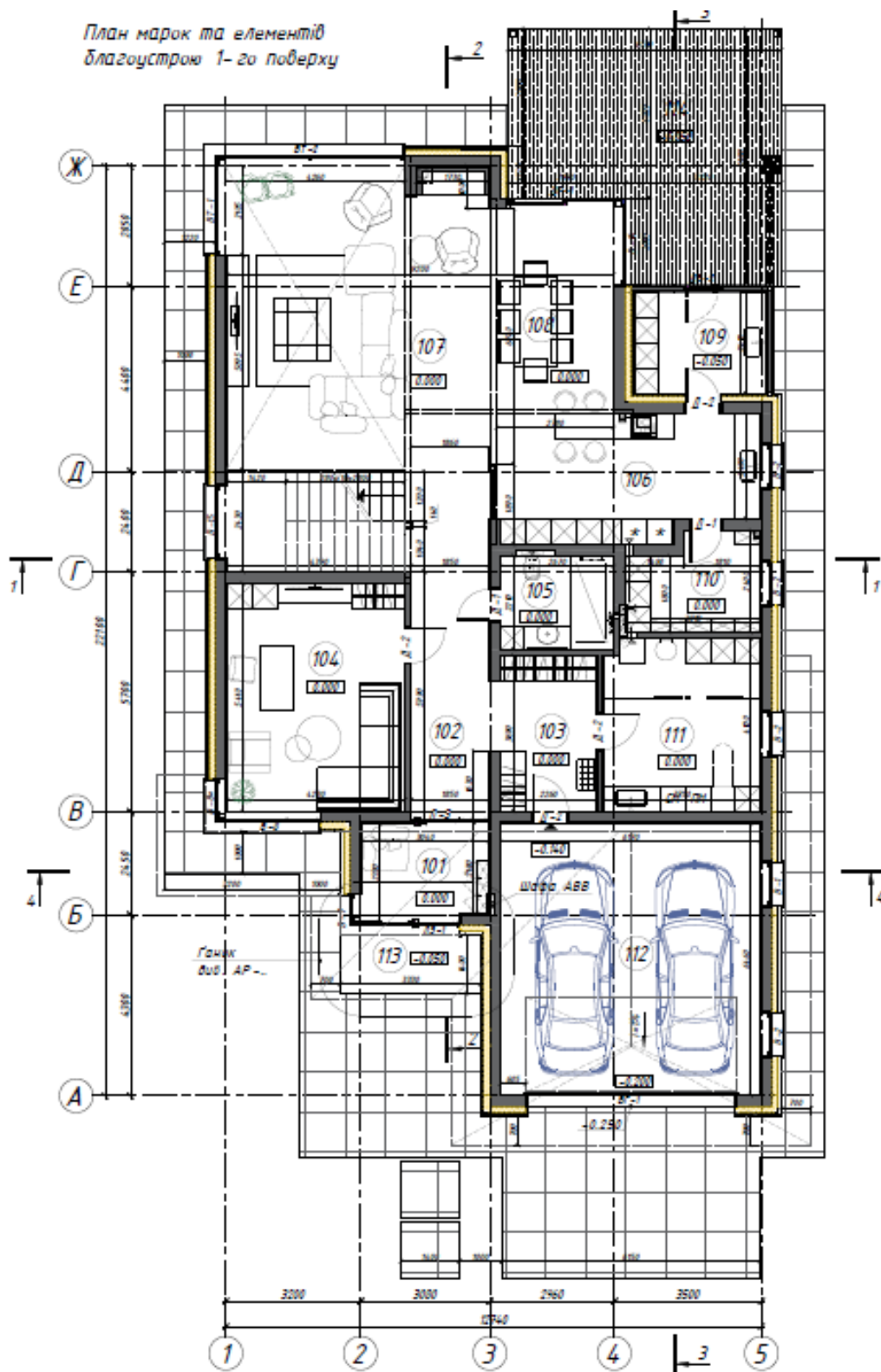
В даному бакалаврському проекті представлено розробку індивідуального теплового пункту для заміського приватного житлового будинку тимчасового проживання, який розташований в житловому комплексі "Green Hills" (село Віта-Поштова Київської області). Основним джерелом теплопостачання є каскад теплових насосів «повітря-вода», а як додаткове використовується газовий конденсаційний котел. У домі проживатиме сім'я з 5 людей: чоловік, жінка і 3 дітей.

Будинок представлений двоповерховою будівлею без підвалу і горища, загальна площа якої 386 м². План першого та другого поверху об'єкта показано на рис. 1.1 і 1.2 відповідно.

1.2 Характеристика зовнішніх обмежувальних конструкцій

У плані будинку передбачений гараж, оснащений теплою підлогою та перекриттям з утепленням товщиною 200 мм (мінеральна вата). Основними несучими конструкціями споруди є цегляні стіни, перекриття – монолітна залізобетонна плита 1-го поверху, та по дерев'яних балках 2-го поверху. Зовнішні стіни - багатошарова конструкція, яка складається з несучої цегляної стіни, товщиною 250 мм, мінераловатного утеплювача товщиною 150 мм, який забезпечує теплотехнічні показники, та оздоблювального шару. Перекриття – монолітна залізобетонна плита, дерев'яні балки. Покрівля – скатна з покриттям листовим металом (фальц). Алюмінієві вікна і двері від компанії Reynaers виконані згідно індивідуального замовлення. Тип вікон: потрійне скло в склопакеті з ущільнювачами та окремою рамою (3 ущільнювачі).

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		13



101- тамбур, 102 – коридор, 103 – гардероб, 104 – кабінет, 105 – санвузол, 106 – кухня, 107 – вітальня, 108 – їдальня, 109 – кладова тераси, 110 – кладова, 111 – технічне приміщення/пральня, 112 – гараж, 113 – ганок, 114- тераса

Рисунок 1.1 – План першого поверху будинку

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		14

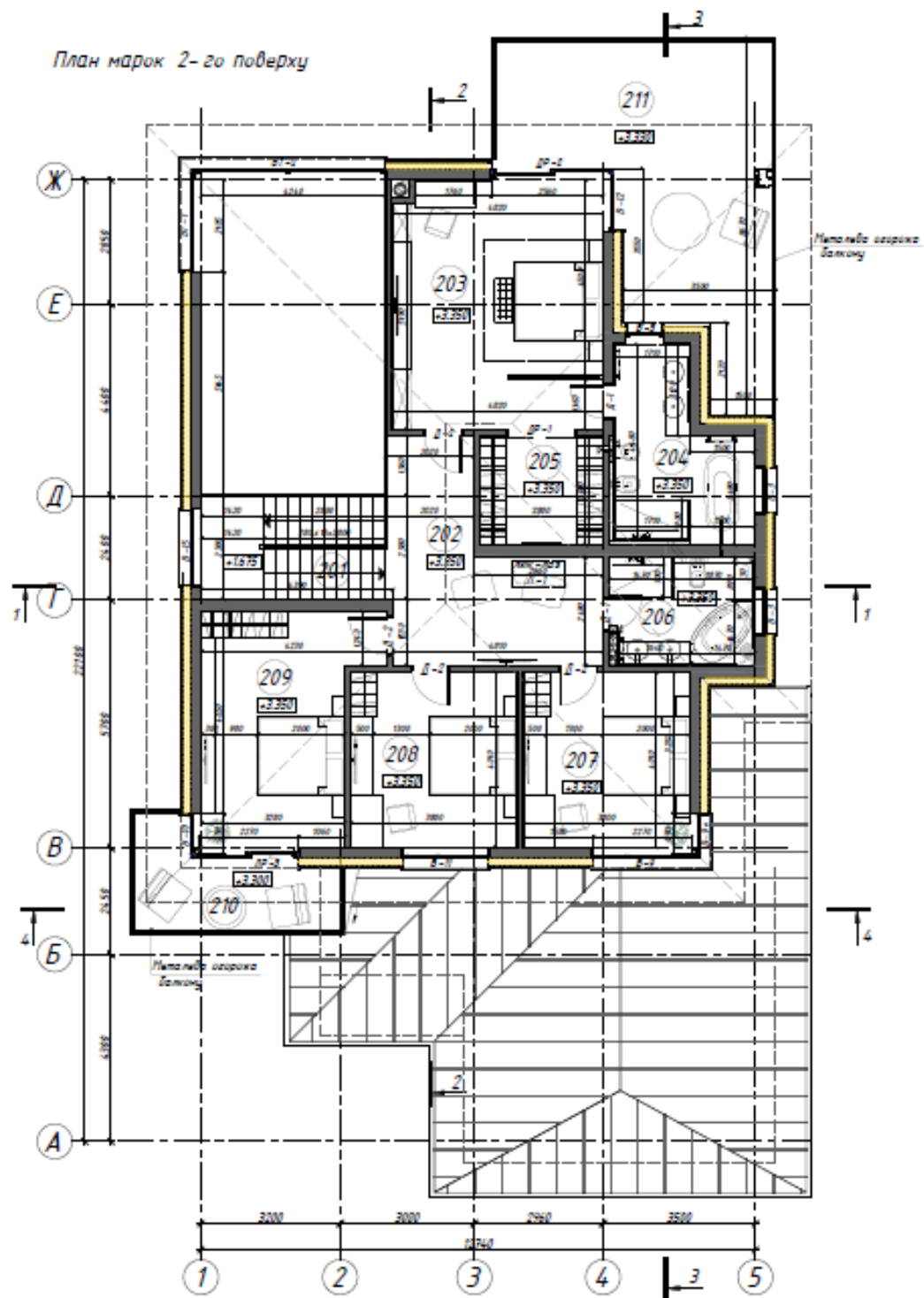


Рисунок 1.2 – План другого поверху будинку

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		15

1.3 Висновок до розділу 1

У даному розділі описано об'єкт, для якого проводитимуться розрахунки. Показані плани першого і другого поверхів будинку для ознайомлення. Вказане основне джерело теплопостачання, а саме – два теплових насоси «повітря - вода». Додатковим джерелом обрано газовий конденсаційний котел. Висвітлено основні характеристики зовнішніх огорожувальних конструкцій.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		16

2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ОПАЛЕННЯ І НА ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКУ

2.1 Вихідні дані

Для даного населеного пункту (беру м. Київ) за кліматологічними даними визначаю наступні характеристики [7]:

- 1) тривалість опалювального періоду – 176 діб;
- 2) температуру зовнішнього повітря у холодний період року, °C:
 - розрахункову для опалення $t_{p.o} = - 22\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - середню опалювального періоду $t_{cp.o} = - 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - середню найбільш холодного місяця $t_{cp.x.m} = - 4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Внутрішню температуру будівлі приймаю середню для усіх приміщень $t_{вн} = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої α_v та зовнішньої α_z поверхонь огорожувальних конструкцій складають згідно [8]:

- $\alpha_v = 8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
- $\alpha_z = 23\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

Термічні опори вікон і дверей надані виробником:

- $r_{вікн.} = 1,47\text{ (м}^2\text{К)}/\text{Вт}$;
- $r_{дв.} = 0,6\text{ (м}^2\text{К)}/\text{Вт}$.

Висота кожного поверху будинку без перекриття – $H = 3\text{ м}$.

Будівля розраховується на кількість осіб $n = 5$, з яких 1 чоловік, 1 жінка і 3 дітей.

2.2 Теплова потужність системи опалення

Згідно [8, 9] теплову потужність системи опалення будинку визначаю з урахуванням теплового балансу між тепловими втратами приміщень та надходженнями теплоти до них, тобто

$$Q_o = Q_{\text{втр}} + Q_m - Q_{\text{вн.п}}, \quad (2.1)$$

де $Q_{\text{втр}}$ – втрати теплоти приміщеннями, кВт;

Q_m – теплові втрати на трубопроводи і матеріали, що знаходяться у неопалювальних приміщеннях, кВт;

$Q_{\text{вн.п}}$ – побутові надходження теплоти від електроприладів, приладів освітлення, людей, кВт.

Оскільки у даному будинку всі приміщення є опалювальними, то немає необхідності визначати Q_m , тобто $Q_m = 0$ кВт.

2.3 Тепловтрати будівлі

Для знаходження теплових втрат приміщення необхідно врахувати сумарні теплові втрати через зовнішні обмежувальні конструкції і витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря.

Тому для розрахунку тепловтрат житлового будинку для холодного періоду року використовую формулу [10]

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

де $\sum Q_{\text{обг.і}}$ – загальні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, як от: підлога першого поверху, зовнішні стіни, вікна і двері, перекриття для останнього поверху, кВт;

$Q_{\text{інф.}}$ – теплові витрати на нагрів повітря, що надходить через інфільтрацію до приміщень, кВт.

2.3.1 Втрати теплоти через зовнішні обмежувальні конструкції

Розрахунок втрати потоків теплоти через підлогу на першому поверсі, перекриття останнього поверху, зовнішні стіни, світлопрозорі конструкції, що складаються з основних та додаткових, кВт, відбувається для кожного з даних

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		18

елементів огорожувальної конструкції за формулою [10]

$$Q_{\text{обг.і}} = \left(\frac{1}{r_i}\right) F_i \Delta t_i (1 + \Sigma \beta)_i n_i \cdot 10^{-3}, \quad (2.3)$$

де r_i – термічний опір елемента обмежувальної конструкції, (м²К)/Вт;

F_i – площа огорожувального елемента, що передає теплоту, м²;

Δt_i – різниця між температурою внутрішнього повітря у приміщенні і температурою зовнішнього повітря, °С;

$\Sigma \beta$ – додаткові теплові втрати в частках до основних;

n_i – поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур, який залежить від типу елемента огорожувальної конструкції або його геометричного положення.

2.3.2 Розрахунок поверхонь огорожувальних конструкцій

За заданими геометричними характеристиками визначаю площі всіх зовнішніх огорожень, м².

Для першого поверху:

1) площі поверхонь вікон розраховую за формулою

$$F_{\text{вік}} = (a_{\text{в}} \times h_{\text{в}}) n_{\text{вік}}, \quad (2.4)$$

де $a_{\text{в}}$ – довжина вікна, м;

$h_{\text{в}}$ – висота вікна, м;

$n_{\text{вік}}$ – кількість вікон на фасаді.

- Північний фасад:

$$F_{\text{вік1.Пн}} = (1,505 \cdot 1,070) \cdot 5 = 8,05 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{вік2.Пн}} = (2,375 \cdot 2,080) \cdot 1 = 4,94 \text{ м}^2.$$

- Південний фасад:

$$F_{\text{вік1.Пд}} = (2,375 \cdot 1,035) \cdot 1 = 2,46 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{вік2.Пд}} = (4,425 \cdot 1,770) \cdot 1 = 7,83 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{вік3.Пд}} = (6,080 \cdot 1,180) \cdot 1 = 7,17 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{вік4.Пд}} = (2,375 \cdot 0,735) \cdot 1 = 1,75 \text{ м}^2.$$

- Західний фасад:

$$F_{\text{вік1.З}} = (6,080 \cdot 2,250) \cdot 1 = 13,68 \text{ м}^2.$$

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
							19
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

- Східний фасад:

$$F_{\text{вік1.Сх}} = (2,325 \cdot 2,510) \cdot 1 = 5,84 \text{ м}^2.$$

Результати розрахунку усіх типів вікон і фасадів 1 поверху представлено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Розрахунок площі вікон першого поверху

Позначення вікна на плані	Фасад	Розміри, м		Кількість	Площа, м ²
		a	h		
В-1,2	Пн	1,505	1,070	5	8,05
В-14	Пн	2,375	2,080	1	4,94
В-8*	Пд	2,375	1,035	1	2,46
В-15	Пд	4,425	1,770	1	7,83
Вт-1	Пд	6,080	1,180	1	7,17
В-7	Пд	2,375	0,735	1	1,75
Вт-2	З	6,080	2,250	1	13,68
В-8	Сх	2,325	2,510	1	5,84

2) Площі зовнішніх дверей розраховую за формулою

$$F_{\text{дв}} = (a_{\text{дв}} \times h_{\text{дв}}) n_{\text{дв}}, \quad (2.5)$$

де $a_{\text{дв}}$ – довжина дверей, м;

$h_{\text{дв}}$ – висота дверей, м;

$n_{\text{дв}}$ – кількість дверей на фасаді.

- Західний фасад:

$$F_{\text{дв1.З}} = (2,380 \cdot 2,815) \cdot 1 = 6,70 \text{ м}^2;$$

- Східний фасад:

$$F_{\text{дв1.Сх}} = (2,380 \cdot 2,635) \cdot 1 = 6,27 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{дв2.Сх}} = (6,170 \cdot 2,400) \cdot 1 = 14,81 \text{ м}^2.$$

Результати розрахунку усіх інших типів зовнішніх дверей і фасадів 1 поверху представлено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Розрахунок площі дверей першого поверху

Позначення дверей на плані	Фасад	Розміри, м		Кількість	Площа, м ²
		a	h		
ДР-1	З	2,380	2,815	1	6,70
ВГ-1	Сх	6,170	2,400	1	14,81
ДЗ-1	Сх	2,380	2,635	1	6,27

3) Поверхні стін розраховую за формулою

$$F_{\text{ст.}} = a (H_{\text{п}} + \delta_{\text{пер}}) - \sum F_{\text{вік}} - \sum F_{\text{дв}}, \quad (2.6)$$

де a – довжина або ширина будівлі;

$H_{\text{п}}$ – висота поверху;

$\delta_{\text{пер}}$ – товщина перекриття між 1 і 2 поверхом (350 мм);

$\sum F_{\text{вік}}$ – сума усіх площ вікон, що розташовані на фасаді, який розраховується;

$\sum F_{\text{дв}}$ – сума усіх площ зовнішніх дверей, що розташовані на фасаді, який розраховується.

- Північний фасад:

$$F_{\text{ст.Пн}} = 22,9(3 + 0,35) - (8,05 + 4,94) = 63,72 \text{ м}^2.$$

- Південний фасад:

$$F_{\text{ст.Пд}} = 22,9(3 + 0,35) - (2,46 + 7,83 + 7,17 + 1,75) = 57,50 \text{ м}^2.$$

- Західний фасад:

$$F_{\text{ст.З}} = 13,54(3 + 0,35) - 13,68 - 6,7 = 24,98 \text{ м}^2.$$

- Східний фасад:

$$F_{\text{ст.Сх}} = 13,54(3 + 0,35) - 5,84 - (14,81 + 6,27) = 18,44 \text{ м}^2.$$

4) Поверхню перекриття над гаражем визначаю за допомогою програми AutoCad, м²:

$$F_{\text{пер}} = 72,41 \text{ м}^2.$$

Для другого (останнього) поверху:

1) площі поверхонь вікон розраховую за формулою (2.4):

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
							21
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

- північний фасад:

$$F_{\text{вік1.Пн}} = (1,95 \cdot 1,07) \cdot 2 = 4,17 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{вік1.Пн}} = (1,95 \cdot 1,04) \cdot 1 = 2,03 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{вік3.Пн}} = (2,73 \cdot 1,44) \cdot 1 = 3,93 \text{ м}^2;$$

- південний фасад:

$$F_{\text{вік1.Пд}} = (2,74 \cdot 1,04) \cdot 1 = 2,85 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{вік2.Пд}} = (4,43 \cdot 1,77) \cdot 1 = 7,84 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{вік3.Пд}} = (6,08 \cdot 1,18) \cdot 1 = 7,17 \text{ м}^2;$$

- західний фасад:

$$F_{\text{вік1.З}} = (6,08 \cdot 2,25) \cdot 1 = 13,68 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{вік2.З}} = (2,73 \cdot 0,87) \cdot 1 = 2,38 \text{ м}^2;$$

- східний фасад:

$$F_{\text{вік1.Сх}} = (1,95 \cdot 1,97) \cdot 1 = 3,84 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{вік1.Сх}} = (1,95 \cdot 2,50) \cdot 1 = 4,88 \text{ м}^2.$$

Результати розрахунку усіх типів вікон і фасадів 2 поверху представлено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Розрахунок площі вікон другого поверху

Позначення вікна на плані	Фасад	Розміри, м		Кількість	Площа, м ²
		а	h		
В-3	Пн	1,95	1,07	2	4,17
В-9*	Пн	1,95	1,04	1	2,03
В-12	Пн	2,73	1,44	1	3,93
В-10	Пд	2,74	1,04	1	2,85
В-15	Пд	4,43	1,77	1	7,84
ВТ-1	Пд	6,08	1,18	1	7,17
ВТ-2	З	6,08	2,25	1	13,68
В-5	З	2,73	0,87	1	2,38
В-11	Сх	1,95	1,97	1	3,84
В-9	Сх	1,95	2,50	1	4,88

2) Площі зовнішніх дверей розраховую за формулою (2.5):

- західний фасад:

$$F_{\text{дв1.З}} = (2,73 \cdot 2,82) \cdot 1 = 7,68 \text{ м}^2;$$

- східний фасад:

$$F_{\text{дв1.Сх}} = (2,73 \cdot 2,51) \cdot 1 = 6,85 \text{ м}^2.$$

Результати розрахунку усіх інших типів зовнішніх дверей і фасадів 2 поверху представлено у табл. 2.4.

3) Поверхні стін розраховую за формулою (2.6):

- північний фасад:

$$F_{\text{ст.Пн}} = 16,5(3 + 0,37) - (4,17 + 2,03 + 3,93) = 44,29 \text{ м}^2;$$

Таблиця 2.4. Розрахунок площі дверей другого поверху

Позначення дверей на плані	Фасад	Розміри, м		Кількість	Площа, м ²
		a	h		
ДР-2	З	2,73	2,82	1	7,68
ДР-3	Сх	2,73	2,51	1	6,85

- південний фасад:

$$F_{\text{ст.Пд}} = 16,5(3 + 0,37) - (2,85 + 7,84 + 7,17) = 36,56 \text{ м}^2;$$

- західний фасад:

$$F_{\text{ст.З}} = 13,54(3 + 0,37) - (13,68 + 2,38) - 7,68 = 21,89 \text{ м}^2;$$

- східний фасад:

$$F_{\text{ст.Сх}} = 13,54(3 + 0,3) - (3,84 + 4,88) - 6,85 = 30,06 \text{ м}^2.$$

4) Поверхню перекриття визначаю за допомогою програми AutoCAD, м²:

$$F_{\text{пер}} = 266,9 \text{ м}^2.$$

2.3.3 Визначення термічного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Для розрахунку термічного опору теплопередачі r_i , $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, використаю формулу [10]

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

де $\alpha_{\text{вн}}$ – коефіцієнт тепловіддачі для внутрішнього повітря, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі для зовнішнього повітря, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

δ_i – товщина матеріалу шару огороження, м;

λ_i – теплопровідність матеріалу шару огороження, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Зовнішні стіни

Характеристика матеріалів зовнішніх стін наведена у табл. 2.5.

Таблиця 2.5. Характеристики матеріалів для зовнішніх стін

Матеріал	Характеристика	
	δ_i , м	λ_i , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
Цементно-піщана штукатурка	0,020	1,000
Цегла керамічна на цементно-піщаному розчині	0,250	0,580
Мінеральна вата	0,150	0,042
Дерев'яне оздоблення	0,020	0,290

Отже:

$$r_{\text{ст}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{1,000} + \frac{0,580}{0,250} + \frac{0,150}{0,042} + \frac{0,020}{0,290} + \frac{1}{23} = 4,25 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Покрівля

У даній будівлі покрівля утеплена лише матами з мінеральної вати, товщиною 0,25 м і теплопровідністю 0,05 $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, тому

$$r_{\text{покр.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,05} + \frac{1}{23} = 5,16 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Також присутня покрівля над гаражем (1 поверх), яка утеплена також матами з мінеральної вати, але товщиною 0,2 м. Для неї:

$$r_{\text{перекр.}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,20}{0,05} + \frac{1}{23} = 4,16 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Підлога першого поверху

При визначенні втрат потоків теплоти через підлогу першого поверху її площу необхідно поділити на 4 зони, які паралельні зовнішнім стінам, шириною по 2 м (для першої, другої та третьої зон, а для четвертої – все, що залишилося) [10]. Поділ підлоги на зони показано на рис.2.1.

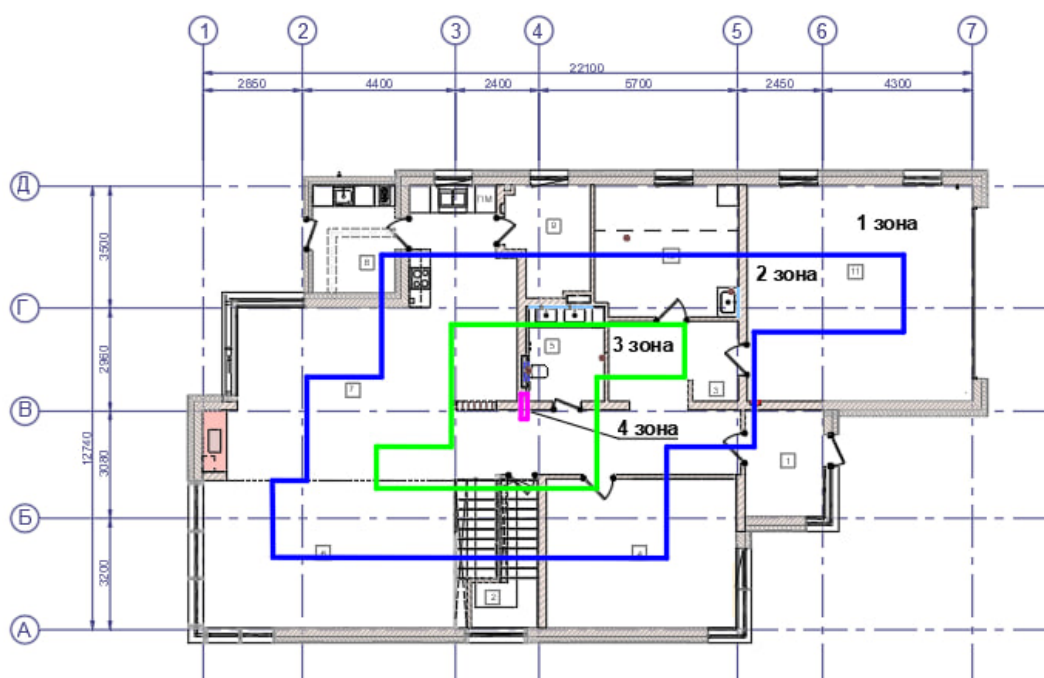


Рисунок 2.1 – Зони підлоги першого поверху

Для окремих зон неутепленої підлоги термічні опори складають (згідно з довідковою літературою (6)):

- для першої зони - $r_1 = 2,15 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;
- для другої зони - $r_2 = 4,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;
- для третьої зони - $r_3 = 8,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$;
- для четвертої зони - $r_4 = 14,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$.

Підлога вважається утепленою, якщо теплопровідність хоча б одного з утеплювачів, які є в конструкції підлоги, буде $\lambda_{\text{ут.}} \leq 1,163 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Тоді термічний опір визначається за формулою [10]

$$r_{yi} = r_{\text{ну}} + \sum \frac{\delta_{yi}}{\lambda_{yi}}, \quad (2.8)$$

де $r_{\text{ну}}$ – термічний опір зони неутепленої підлоги, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

δ_{yi} – товщина шару утеплювача, м;

λ_{yi} – теплопровідність шару утеплювача, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Характеристики утеплювачів підлоги представлено у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 Характеристики утеплювачів підлоги першого поверху

Матеріал	Характеристика	
	δ_i , м	λ_i , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
Армована цементно-піщана стяжка	0,050	0,760
Утеплювач ЕПС-40	0,080	0,029
Залізобетонна плита	0,200	1,920
Бетон на гравії	0,050	1,740

Оскільки є два утеплювачі теплопровідність яких більша за 1,163, то це означає, що підлога є утепленою. Розрахунки термічного опору виконую за формулою (2.8).

Для 1-ої зони:

$$r_{y1} = 2,15 + \frac{0,050}{0,760} + \frac{0,080}{0,029} + \frac{0,200}{1,920} + \frac{0,050}{1,740} = 2,32 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Для 2-ої зони:

$$r_{y2} = 4,30 + \frac{0,050}{0,760} + \frac{0,080}{0,029} + \frac{0,200}{1,920} + \frac{0,050}{1,740} = 4,47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Для 3-ої зони:

$$r_{y3} = 8,60 + \frac{0,050}{0,760} + \frac{0,080}{0,029} + \frac{0,200}{1,920} + \frac{0,050}{1,740} = 8,77 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Для 4-ої зони:

$$r_{y4} = 14,20 + \frac{0,050}{0,760} + \frac{0,080}{0,029} + \frac{0,200}{1,920} + \frac{0,050}{1,740} = 14,37 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Оскільки підлога знаходиться на ґрунті, то тепловтрати через неї визначаю за формулою [10]

$$Q_{\text{втр.п}} = \sum \frac{F_i}{r_{yi}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) n_i, \quad (2.9)$$

де F_i – площа зони підлоги, м^2 ;

r_{yi} – термічний опір відповідної зони підлоги, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$;

$t_{\text{вн}}$ – температура внутрішнього повітря приміщення, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{р.о}}$ – розрахункова температура на опалення, $^{\circ}\text{C}$;

n_i – поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур, який залежить від типу елемента огорожувальної конструкції або його геометричного положення.

Площі зон підлоги знаходжу за допомогою програми AutoCAD:

Для 1-ої зони:

$$F_{\text{п.1}} = 0,13 \text{ м}^2;$$

Для 2-ої зони:

$$F_{\text{п.2}} = 25,97 \text{ м}^2;$$

Для 3-ої зони:

$$F_{\text{п.3}} = 81,92 \text{ м}^2;$$

Для 4-ої зони:

$$F_{\text{п.4}} = 123,57 \text{ м}^2.$$

2.3.4 Визначення теплових втрат усіх зовнішніх огорожувальних конструкцій

Визначаю тепловтрати за формулами (2.3) і (2.9).

Поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур беру наступним:

- для вертикальних стін і вікон та покриттів без горищ $n_i = 1$;

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		27

Значення додаткових втрат теплоти у частках до основних $\Sigma\beta$ беру для зовнішніх вертикальних стін та вікон, які орієнтовані за напрямками, звідки в січні дме вітер зі швидкістю, що перевищує 4,5 м/с з повторюваністю не менше як 15 % – 0,05 при швидкості вітру до 5 м/с і 0,10 – при швидкості 5 м/с і більше [10]. У даному випадку $\Sigma\beta = 0$ для усіх конструкцій.

Для першого поверху:

$$Q_{\text{ст.Пн1}} = \frac{1}{4,25} 68,66 \cdot (23 - (-22))(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,73 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ст.Пд1}} = \frac{1}{4,25} 57,50 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,61 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ст.31}} = \frac{1}{4,25} 24,98 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,26 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ст.С1}} = \frac{1}{4,25} 18,44 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,20 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{вікн.Пн1}} = \frac{1}{1,47} 8,05 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,25 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{вікн.Пд1}} = \frac{1}{1,47} 19,21 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,59 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{вікн.31}} = \frac{1}{1,47} 13,68 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,42 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{вікн.С1}} = \frac{1}{1,47} 6,13 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,19 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{дв.31}} = \frac{1}{0,60} 6,70 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,50 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{дв.С1}} = \frac{1}{0,60} 21,08 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,58 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{перекр.}} = \frac{1}{4,16} 72,40 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,78 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{підл.}} = \frac{0,13}{2,32} + \frac{25,97}{4,47} + \frac{81,92}{8,77} + \frac{123,57}{14,37} \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,07 \text{ кВт}.$$

Для другого (останнього) поверху:

$$Q_{\text{ст.Пн2}} = \frac{1}{4,25} 44,29 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,47 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ст.Пд2}} = \frac{1}{4,25} 36,56 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,38 \text{ кВт},$$

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		28

$$Q_{\text{ст.32}} = \frac{1}{4,25} 21,89 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,23 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ст.С2}} = \frac{1}{4,25} 30,06 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,32 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{вікн.Пн2}} = \frac{1}{1,47} 10,13 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,31 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{вікн.Пд2}} = \frac{1}{1,47} 17,87 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,55 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{вікн.32}} = \frac{1}{1,47} 16,06 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,49 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{вікн.С2}} = \frac{1}{1,47} 8,72 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,27 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{дв.32}} = \frac{1}{0,60} 7,68 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,58 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{дв.С2}} = \frac{1}{0,60} 6,85 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,51 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{покр.}} = \frac{1}{5,16} 173 \cdot 45(1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,51 \text{ кВт}.$$

Результати розрахунків втрат потоків теплоти зовнішніми огороженнями будинку наведені в табл. 2.7.

2.3.5 Визначення теплових втрат на нагрівання інфільтраційного повітря

Потік теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщень через вікна, балконні двері тощо, кВт, визначаю за формулою [10]

$$Q_{\text{інфі}} = (m/3600) c_{\text{п}} \rho_{\text{п}} F_{\text{п}} h (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.10)$$

де m – кратність повітрообміну (для житлових будівель $m = 1 \text{ год}^{-1}$);

$c_{\text{п}}$ – питома масова теплоємність повітря, ($c_{\text{п}} = 1,005 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$);

$\rho_{\text{п}}$ – густина повітря, кг/м^3 , наближено беру $1,2 \text{ кг/м}^3$;

$F_{\text{п}}$ – площа підлоги приміщення житлових кімнат та кухонь поверху, м^2 ;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, м.

Тому:

$$Q_{\text{інфі}} = (1/3600) \cdot 1,005 \cdot 1,2 \cdot 231,6 \cdot 3 \cdot 45 = 10,5 \text{ кВт}.$$

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		29

Табл. 2.7 - Результати розрахунків втрат потоків теплоти зовнішніми огороженнями будинку

Зовнішнє огороження	Орієнтація за сторонами світу	Поверхня огороження $F_i, \text{м}^2$	Розрахункова різниця температур $\Delta t_i, ^\circ\text{C}$	Термічний опір теплопередачі $r_i, (\text{м}^2 \cdot \text{K})/\text{Вт}$	Додаткові втрати теплоти $\Sigma \beta$	Втрати теплоти через огороження $Q_{\text{обг.і}}, \text{кВт}$
1	2	3	4	5	6	7
Перший поверх						
Зовнішня стіна	Пн	68,66	45	4,25	0	0,73
Вікна	Пн	8,05	45	1,47	0	0,25
Зовнішня стіна	Пд	57,50	45	4,25	0	0,61
Вікна	Пд	19,21	45	1,47	0	0,59
Зовнішня стіна	З	24,98	45	4,25	0	0,26
Вікна	З	13,68	45	1,47	0	0,42
Двері	З	6,70	45	0,60	0	0,50
Зовнішня стіна	С	18,44	45	4,25	0	0,20
Вікна	С	6,13	45	1,47	0	0,19
Двері	С	21,08	45	0,60	0	1,58
Перекриття		72,40	45	4,16	0	0,78
Підлога						1,07
Сумарні втрати теплоти для першого поверху						7,17
Останній поверх						
Зовнішня стіна	Пн	44,29	45	4,25	0	0,47
Вікна	Пн	10,13	45	1,47	0	0,31
Зовнішня стіна	Пд	36,56	45	4,28	0	0,38
Вікна	Пд	17,87	45	1,47	0	0,55
Зовнішня стіна	З	21,89	45	4,28	0	0,23
Вікна	З	16,06	45	1,47	0	0,49
Двері	З	7,68	45	0,60	0	0,58
Зовнішня стіна	С	30,06	45	4,28	0	0,32
Вікна	С	8,72	45	1,47	0	0,27
Двері	С	6,85	45	0,60	0	0,51
Перекриття	-	173,00	45	5,16	-	1,51
Сумарні втрати потоку теплоти для останнього поверху						5,61
Сумарні втрати потоку теплоти для всього будинку						23,29

2.3.6 Визначення сумарних втрат потоків теплоти для всього будинку

Розрахунок виконую за формулою (2.2)

$$Q_{\text{втр}} = (7,17 + 5,61) + 10,5 = 23,29 \text{ кВт}$$

2.4 Визначення побутових надходжень теплоти

До побутових надходжень теплоти, кВт, враховую надходження від людей і електричного обладнання, тому

$$Q_{\text{вн.п}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{е.о.}} \quad (2.11)$$

2.4.1 Визначення теплових надходжень від людей

Теплота, що надходить від людей розподіляється на «явну» - $Q_{\text{я}}$ та «приховану» - $Q_{\text{прих}}$. Тоді повний потік теплоти $Q_{\text{л}}$ розраховується як сума потоків «явної» і «прихованої», тобто [10]

$$Q_{\text{л}} = Q_{\text{я}} + Q_{\text{прих}} \quad (2.12)$$

У практичних обчисленнях, коли потрібно розрахувати повний тепловий потік, що надходить від людей, кВт, можна використати формулу [10]

$$Q_{\text{л}} = (qn_{\text{ч}} + 0,85 qn_{\text{ж}} + 0,75qn_{\text{д}}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.13)$$

де q – кількість теплової енергії, що надходить від одного дорослого чоловіка, Вт/чол. Це значення залежить від температури в приміщенні та від типу виконуваної роботи, яка може бути легкою, середньої важкості або важкою фізичною роботою;

$n_{\text{ч}}$ – кількість чоловіків, що перебуватиме в приміщенні;

$n_{\text{ж}}$ – кількість жінок, що перебуватиме в приміщенні;

$n_{\text{д}}$ – кількість дітей, що перебуватиме в приміщенні.

З [10] кількість теплової енергії, що надходить від одного дорослого чоловіка при легкій роботі і при температурі повітря в приміщенні 23°C становить 147 Вт/чол.

Для даного будинку, в якому проживатиме 1 чоловік, 1 жінка і 3 дітей,

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		31

повний тепловий потік, що надходитиме від людей, дорівнюватиме:

$$Q_{\text{л}} = (147 \cdot 1 + 0,85 \cdot 147 \cdot 1 + 0,75 \cdot 147 \cdot 3) \cdot 10^{-3} = 0,603 \text{ кВт.}$$

2.4.2 Визначення теплових надходжень від електричного освітлення

Щоб знайти теплові надходження від електричного освітлення скористаюсь формулою [10]

$$Q_{\text{е.о}} = N_{\text{е.о}}, \quad (2.14)$$

де $N_{\text{е.о}}$ – потужність електричного обладнання, кВт, що у свою чергу дорівнює:

$$N_{\text{е.о}} = k_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}}, \quad (2.15)$$

де $k_{\text{л}}$ – коефіцієнт перетворення електричної енергії у теплову;

$N_{\text{л}}$ – потужність одного типу ламп, кВт;

$n_{\text{л}}$ – кількість даного джерела освітлення.

За проектом будинку, у ньому будуть лише світлодіодні (LED) лампи. Адже вони є більш ефективними за традиційні лампи через те, що майже уся енергія, що надходить у світлодіоди, перетворюється у світло, а не в тепло.

Використовуватиметься 5 різних видів LED ламп з різною потужністю. Для цих джерел освітлення коефіцієнт переходу електричної енергії у теплову становить 0,1. Тому потужність електричного обладнання дорівнює

$$N_{\text{е.о}} = Q_{\text{е.о}} = 0,1(0,018 \cdot 63 + 0,007 \cdot 50 + 0,040 \cdot 8 + 0,050 \cdot 83 + 0,008 \cdot 12) = 0,605 \text{ кВт}$$

Тоді побутові надходження теплоти за формулою (2.11)

$$Q_{\text{вн.п}} = 0,603 + 0,605 = 1,208 \text{ кВт}$$

Знаходжу усю теплову потужність системи опалення даного житлового будинку за формулою (2.1):

$$Q_{\text{о}} = 23,290 + 0 - 1,208 = 22,082 \text{ кВт}$$

2.5 Визначення середніх та річних витрат теплоти на опалення

Середній тепловий потік на опалення, кВт, будь-якої будівлі розраховую за допомогою формули [11]

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		32

$$Q_{\text{ср.о}} = Q_0 \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}}, \quad (2.16)$$

де Q_0 – теплова потужність системи опалення, кВт;

$t_{\text{вн}}$ – температура внутрішнього повітря у приміщенні, °С;

$t_{\text{ср.о}}$ – середня температура для зовнішнього повітря в опалювальний період, °С;

$t_{\text{р.о}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення, °С.

Тоді

$$Q_{\text{ср.о}} = 22,08 \frac{23 - (-0,1)}{23 - (-22)} = 11,33 \text{ кВт.}$$

Річний потік теплоти на опалення, (кВт · год)/рік, визначаю за формулою [11]

$$Q_{\text{річ.о}} = Q_{\text{ср.о}} \cdot n_0 \cdot 24, \quad (2.17)$$

де $Q_{\text{ср.о}}$ – середній тепловий потік на опалення, кВт;

n_0 – тривалість опалювального періоду, діб.

$$Q_{\text{річ.о}} = 11,33 \cdot 176 \cdot 24 = 47858 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

2.6 Програма "InstalSystem - TECE" та порівняння розрахунків

TECE – компанія, що спеціалізується на виробництві сантехнічного обладнання та інженерних мереж. Одним з їхніх продуктів для партнерів є програма "InstalSystem - TECE". Вигляд меню програми показано на рис. 2.2.

Система автоматизованого проектування "InstalSystem - TECE" складається з пакета пов'язаних між собою програм. Для використання зручні такі її складові як **Instal-Therm HCR** та **Instal-Heat&Energy**.

За допомогою Instal-Heat&Energy можна обчислити теплові втрати у приміщеннях, а також для визначити тепло- та пароізоляцію та сезонне енергоспоживання житлових та громадських будівель. Програма виконує такі розрахунки [12]:

- термічного опору R для будівельних конструкцій;
- теплових втрат приміщень та будівель у цілому;

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		33

- контроль точки роси на внутрішній поверхні зовнішніх стін;
- баланс вентиляційного повітря для приміщень;
- на основі теплового балансу знаходження температури повітря у неопалюваних приміщеннях.

Instal-Therm HCR необхідна для проектування систем опалення та систем холодопостачання на основі архітектурних креслень. Також можна провести комплексні розрахунки гідравлічних та теплових систем, а саме:

- підібрати діаметри труб та арматури;
- автоматично підбирає трійники, розподільники, фасонні вироби та прохідні муфти;
- проводиться регулювання мережі з використанням регулювальної арматури;
- вибрати необхідну висоту підйому насосів, розміщених на ділянках або в змішувачах системи;
- підібрати теплоізоляцію для трубопроводів;
- виконати теплові та гідравлічні розрахунки опалювальних поверхонь з автоматичним підбором оптимальної температури живлення;
- підібрати радіатори.

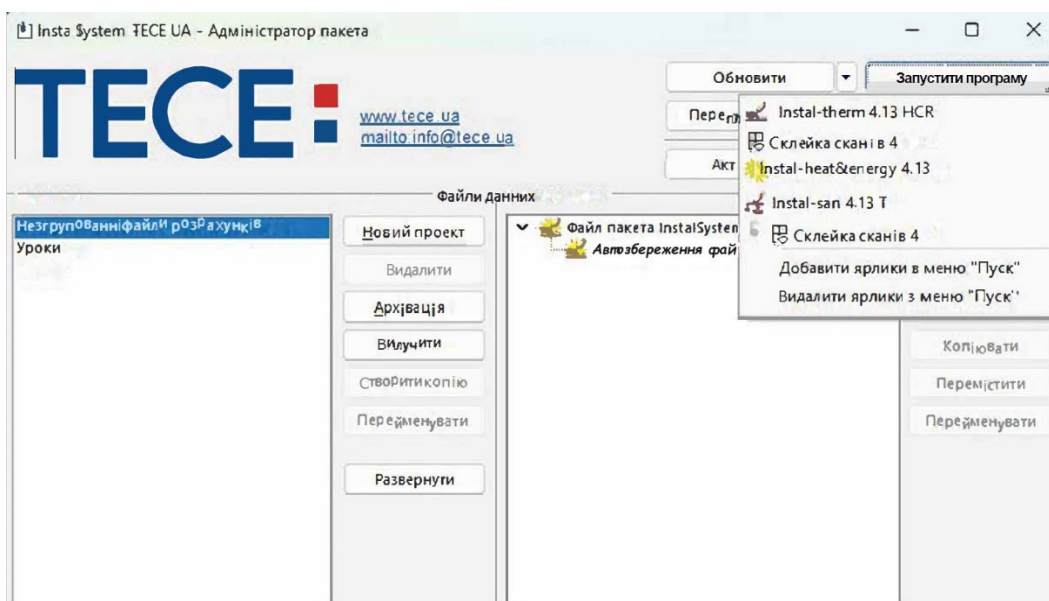


Рисунок 2.2 – Вигляд меню програми "InstalSystem - TECE"

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		34

Для того щоб виконати розрахунки в програмі необхідно вказати місто (область) в якому знаходиться об'єкт, перенести точно до масштабу зовнішні конструкції, вказуючи їх склад і тип, вказати температуру внутрішніх приміщень тощо. На прикладі зовнішньої стіни на рис. 2.3 продемонструю як це виглядає у програмі.

Огородж. конструкції

Назва: $\alpha_i = 8,7$ $[Вт/(м^2 \cdot К)]$

Стіна зовнішня: $\alpha_e = 23$ $[Вт/(м^2 \cdot К)]$

Описание: $R = 4,280$ $[м^2 \cdot К/Вт]$

Способ ввода данных:

Тип огр.конструкції:

СН:

Направление теплового потока:

Горизонтальное:

$h_z / l_z =$ $W_z =$ $A_z =$

№ п/п	Тип	Материал	d	λ	R
			mm	Вт/(м·К)	$[м^2 \cdot К/Вт]$
1		Штукатурка песчано-цементная (EN ISO 10456)	20	1,000	0,020
2		Керамич. пустот. на цемент. розч. (1600)	250	0,580	0,431
3		Плиты з скло. штапель. волокна "URSA" (35)	100	0,041	2,439
4		Мати з скло. штапельного волокна "URSA" (25)	50	0,043	1,163
5		Сосна і дубина вздовж волокон	20	0,290	0,069
			$\Sigma = 440$		$\Sigma = 4,122$

Сум. опір: OK $R = 4,280 [м^2 \cdot К/Вт]$

Рисунок 2.3 – Вигляд меню у Instal-Therm HCR

Результати розрахунку тепловтрат даного житлового будинку для холодного періоду року показано на рис. 2.4.

Отже, за програмою, сумарні тепловтрати будинку становлять 23,14 кВт, з яких 10,5 кВт розраховані на втрати тепла на нагрів інфільтраційного повітря. З табл. 2.7 сумарні тепловтрати будинку становлять 23,29 кВт, втрати тепла на нагрів інфільтраційного повітря – 10,5 кВт. Це означає, що похибка дуже незначна і допустима (лише 0,7%) і розрахунки виконані правильно.

Загальні результати

Загальний об'єм будівлі	1158 м ³
Об'єм опалювальних приміщень	1158 м ³
Кубатура неопалювальних приміщень	0 м ³
Загальна площа приміщень	386 м ²
Площа опалювальних приміщень	386 м ²
Поверхня неопалювальних приміщень	0 м ²
Площ. зовн. огор. констр.	975 м ²
Ср. темп. опалюв. прим.	23 °С
Витрата припливного повітря	694,86 м ³ /ч
Загальні тепловтрати будівлі	23137 Вт
Тепловтрати на нагрів інфільтраційного зовн. повітря	10499 Вт
Тепловтрати внаслідок проникнення	16498 Вт
Теплопотреба в опалювальному сезоні	224536 МДж
Кратність повітрообміну	0,60 1/ч
Тепловий показник будівлі - поверхневий	59,9 Вт/м ²
Трансмісійний коефіцієнт теплопередачі для будівлі СП 23-101-2	0,376 Вт/(м ² *К)
Кільк. град.дн. опал.с.	4038 °С·добу
Інфільтраційний коефіцієнт теплопередачі (СП 23-101-2000)	0,219 Вт/(м ² *К)

Рисунок 2.4 – Результати розрахунку за допомогою «InstalSystem – TECE»

2.7 Розрахунок теплових навантажень для системи гарячого водопостачання

2.7.1 Розхід гарячої води у житловому будинку

Середньодобові витрати води на гаряче водопостачання (за рік), м³/год, визначаю за допомогою формули [11]

$$G_T^h = a U 10^{-3}, \quad (2.18)$$

де a - середня кількість гарячої води, яка використовується на одного мешканця житлового будинку протягом доби, розрахована на основі річного середньорічного показника;

U – кількість споживачів гарячої води.

Перед вибором значення " a " за допомогою довідкових даних, спочатку визначаю, що м. Київ належить до І кліматичного району. Далі за [11] знаходжу, що $a = 115$ л/добу. Кількість споживачів гарячої води – 5 людей. Тому:

$$G_T^h = 115 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,575 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Середні за годину витрати гарячої води споживачами у житловому будинку, м³/год, визначаю за допомогою формули [11]

$$g_T^h = G_T^h / T, \quad (2.19)$$

де T – тривалість використання гарячої води споживачами, для житлових будівель приймаю $T = 24$ год/добу.

$$g_T^h = \frac{0,575}{24} = 0,024 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Максимальні добові витрати гарячої води для будинку, м³/добу, визначаю за формулою [11]

$$G_{\max}^h = G_T^h k_d, \quad (2.20)$$

де k_d – "коефіцієнт максимальної добової нерівномірності споживання гарячої води" [11].

Щоб визначити k_d , перш за все, обираю санітарний прилад з найбільшим значенням витрати гарячої води – ванна завдовжки 1500 – 1700 мм, для якої $g_T^h = 13 \frac{\text{л}}{\text{год}}$. Тоді за таблицею [11] і за кількістю споживачів (5 людей) визначаю, що $k_d = 1,61$. Тому:

$$G_{\max}^h = 0,575 \cdot 1,61 = 0,93 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Тепер за кількістю мешканців визначаю максимально секундні (g^h , л/с) і максимально годинні (g_{hr}^h , м³/год) витрати гарячої води. Згідно з [11] вони дорівнюватимуть:

- $g^h = 0,28$ л/с;
- $g_{hr}^h = 0,27$ м³/год.

"Розрахункову мінімальну витрату гарячої води за годину для одного житлового будинку, м³/год, " визначаю за формулою [11]

$$g_{hr \min}^h = g_T^h k_{\min}, \quad (2.21)$$

де $k_{\min}$ – коефіцієнт мінімального використання води, що визначається залежно від коефіцієнта максимального використання води ($k_{\max}$), який розраховується за формулою [11]

$$k_{\max} = g_{hr}^h / g_T^h. \quad (2.22)$$

$$k_{\max} = \frac{0,27}{0,024} = 11,25.$$

Тепер за таблицею 2.8 [11] визначаю, що $k_{\min} = 0,02$ і тоді:

$$g_{hr \min}^h = 0,024 \cdot 0,02 = 0,0005 \text{ м}^3/\text{год}.$$

2.7.2 Визначення теплових навантажень для системи ГВП

Втрати теплоти через трубопроводи в будинку, кВт, визначаю за формулою [11]:

$$Q_1^{ht} = (q_{w,k} l_{w,k} + q_{w,s} l_{w,s}) 10^{-3}, \quad (2.23)$$

де $q_{w,k}$ – питомі тепловтрати трубопроводів, розміщених в підвалах, технічних підпіллях та на горищі будівлі, Вт/м;

$q_{w,s}$ – питомі тепловтрати трубопроводів, прокладених у шахтах, каналах та розрізах будівлі, Вт/м;

$l_{w,k}$ – довжина всіх трубопроводів ГВП, розміщених у підвалах, технічних підпіллях та на горищі будівлі, м;

$l_{w,s}$ – довжина всіх трубопроводів ГВП, прокладених у шахтах, каналах, розрізах будівлі, м.

Оскільки у даному проекті усі трубопроводи знаходяться у технічному приміщенні, то за [13] питомі теплові втрати для ізольованих трубопроводів складатимуть $q_{w,k} = 11$ Вт/м. Довжина трубопроводів $l_{w,k} = 24$ м, тому:

$$Q_1^{ht} = 11 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 0,264 \text{ кВт}.$$

Середній за годину потік теплоти для системи гарячого водопостачання в будинку протягом доби, враховуючи тепловтрати через трубопроводи, розраховую за допомогою формули [11]:

$$Q_T^h = 1,163 g_T^h (55 - t^c) + Q_1^{ht}, \quad (2.24)$$

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		38

де t^c – температура холодної водопровідної води, °C, приймаю $t^c = 5$ °C.

$$Q_{T1}^h = 1,163 \cdot 0,024(55 - 5) + 0,264 = 1,66 \text{ кВт.}$$

Максимальний за годину потік теплоти для гарячого водопостачання протягом доби максимального використання води, з урахуванням втрат теплоти через трубопроводи, розраховую за допомогою формули [11]

$$Q_{hr1}^h = 1,163 g_{hr}^h (55 - t^c) + Q_1^{ht}. \quad (2.25)$$

$$Q_{hr1}^h = 1,163 \cdot 0,27(55 - 5) + 0,264 = 15,97 \text{ кВт.}$$

Річну витрату теплоти на гаряче водопостачання, МДж/рік, визначаю за формулою [11]

$$Q_{hwr} = T Q_T^h n_{hw} 3,6, \quad (2.26)$$

де n_{hw} – кількість робочих днів системи ГВП за рік, приймаю 350 діб/рік, враховуючи перерву на 15 днів на технічне обслуговування, гідравлічні випробування та ремонт теплових мереж.

$$Q_{hwr} = 24 \cdot 0,575 \cdot 350 \cdot 3,6 = 1,74 \cdot 10^4 \text{ МДж/рік.}$$

2.8 Висновки до розділу 2

В даному розділі були проведені розрахунки теплових навантажень для системи опалення і гарячого водопостачання, що представлено у табл. 2.8. Також зроблено порівняння результатів з програмою Instal -Therm від компанії ТЕСЕ.

Таблиця 2.8 – Розрахункові і річні витрати теплоти споживачами

Навантаження	Величина	Одиниця	Значення
Розрахункові витрати			
Розрахункові витрати на опалення	$Q_{\text{макс.оп.}}$	кВт	23,29
Середні добові витрати на гаряче водопостачання	Q_T^h	кВт	1,45
Сумарні витрати	ΣQ	кВт	24,74
Річні витрати			
На опалення	$Q_{\text{річ.оп.}}$	МДж/рік	$1,72 \cdot 10^5$
На ГВП	Q_{hwr}	МДж/рік	$0,17 \cdot 10^5$
Сумарні річні витрати	$\Sigma Q_{\text{річ}}$	МДж/рік	$1,89 \cdot 10^5$

3 ОСНОВНІ АСПЕКТИ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1 Принципова тепломеханічна схема

На рис. 3.1 зображено розроблену принципову схему котельні.

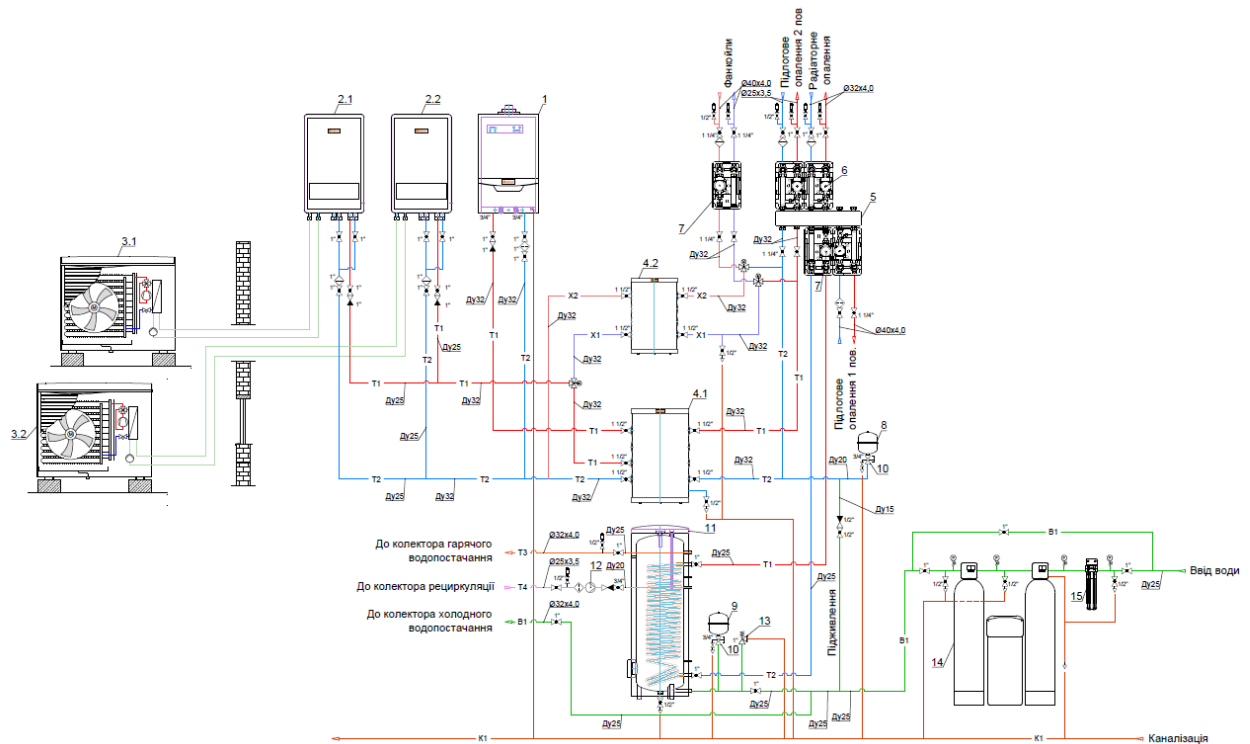
Джерелом теплопостачання у даній схемі є каскад теплових повітряних насосів Vaillant. Резервним джерелом теплопостачання обрано газовий котел, теж фірми Vaillant.

У даному проекті на перспективу розглядається охолодження влітку фанкойлами, які також працюватимуть на систему опалення взимку. Таким самим чином працюватиме повітряний насос (на опалення взимку та на охолодження влітку). Всі джерела теплопостачання працюють на буферну ємність з подальшим відбором теплоносія системою опалення. Схема передбачає роботу теплового насоса в режимі активного охолодження на окрему буферну ємність з подальшою подачею холодоносія в систему охолодження фанкойлами. Споживачами теплоти у даній схемі є: система підлогового опалення, система радіаторного опалення, система ГВП, система охолодження/нагрівання фанкойлами.

Приготування гарячої води здійснюється за допомогою бойлера непрямого нагріву зі збільшеною площею теплообмінника Vaillant. Передбачена система комплексного очищення води на базі обладнання Ecosoft та монтаж системи зворотного осмосу (під кухонною мийкою) для приготування питної води.

Вода зі свердловини проходить через механічний фільтр і систему хімводоочистки, після чого надходить у накопичувальний бак. Також вода поступає до вузла підживлення системи опалення і в систему холодного водопостачання.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		40



1 – газовий конденсаційний котел (одноконтурний), 2– внутрішній блок теплового насосу, 3 – зовнішній блок теплового насосу, 4 – теплоаккумулятор, 5 – розподільчий колектор для насосних груп, 6 – насосна група (змішувальна), 7 – насосна група (пряма), 8 – розширювальний бак системи опалення, 9 – розширювальний бак системи водопостачання, 10 – кран для підключення розширювального баку, 11 – бівалентний бойлер непрямого нагріву, 12 – насос рециркуляції, 13 – група безпеки бойлера, 14 – система комплексної хімводоочистки, 15 – фільтр грубого очищення

Рисунок 3.1 – Принципова тепломеханічна схема

При роботі системи на тепло, у внутрішньому блоці теплового насосу компресор стискає холодоагент (фреон), що надходить від зовнішнього блоку, підвищуючи його температуру, а фреон, проходячи через конденсатор, віддає теплоту воді системи опалення. Після цього теплоносієм надходить до теплоаккумулятора 1, що працює на систему теплопостачання. За допомогою трьохходового клапана, який розташований на подаючому трубопроводі, відбувається переключення системи, що працювати на холодопостачання. Теплоаккумулятор 1, крім виконання функцій гідрострілки, ще й зберігає і

накопичену теплоту, що виробляється системою. Буферна ємність є необхідною у даній схемі для правильного функціонування ТН. Далі робоче тіло розбирається насосними групами, що розміщені на розподільчому колекторі. Перша насосна група – змішувальна, для підлогового опалення 1 поверху розрахована на потоки до колекторів на 1 і 8 контурів «теплої підлоги». Друга насосна група – змішувальна, для підлогового опалення 2 поверху розрахована на потоки до колекторів на 7 і 6 контурів «теплої підлоги». Третя насосна група – змішувальна, для радіаторного опалення, розрахована на потоки до колекторів на 3 і 4 виходи на 1 і 2 поверхах відповідно. Четверта насосна група – пряма, призначена для системи ГВП. П'ята насосна група – пряма, розташована окремо і розрахована на роботу фанкойли. Вона відділена триходовим клапаном, щоб перемикаєти фанкойли між режимом роботи на охолодження в літній період і на роботу системи опалення взимку.

Від насосної групи ГВП теплоносій надходить на теплообмінник бойлера непрямого нагріву. Після цього підігріта вода спрямовується до колектора гарячого водопостачання і подається до споживача. Насос рециркуляції в даній схемі необхідний для комфорту споживача.

Після проходження системи опалення, ГВП і фанкойлів, теплоносій повертається по зворотньому трубопроводі назад до теплоаккумулятора і до внутрішніх блоків ТН. Встановлюється мембранний розширювальний бак системи опалення, щоб організувати компенсацію зміни об'єму теплоносія під час його нагрівання або охолодження. Також необхідний розширювальний бак системи ГВП, щоб уникнути руйнівних тисків в системі та забезпечити безперебійне функціонування системи гарячого водопостачання.

Якщо температура зовнішнього повітря опуститься нижче точки бівалентності теплового насосу, він не зможе забезпечити необхідне опалення будинку на оптимальному рівні. У такому випадку підключається додаткове джерело енергії – газовий котел. Підігрітий теплоносій з котла також направляється до теплоаккумулятора і тоді ТН працюватиме у бівалентному режимі.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		42

При роботі на охолодження, у внутрішньому блоці ТН холодоагент в контурі переміщується у зворотному напрямку, тобто відбирає теплоту з води і віддає теплообміннику зовнішнього блоку, охолоджуючись. При такому режимі, триходові клапани перемикаються і відділяють систему опалення від системи охолодження. Тоді робоче тіло надходить до теплоаккумулятора 2, який вже працює на холод, і розбирається насосною групою фанкойлів. Теплоаккумулятор 2 необхідний для зберігання і накопичення холоду, що виробляється системою. При роботі ТН на холод, для нагріву гарячої води використовуються запаси з теплоаккумулятора 1. Як тільки вони закінчаться на ТН надійде сигнал про це і він переключиться на нагрів системи ГВП, при цьому система охолодження працюватиме також, беручи холод з теплоаккумулятора 2.

Дана система має повну автоматизацію. Модуль, що відповідає за управління всією системою, вбудовується у внутрішній блок теплового насоса.

3.2 Розрахунок теплової схеми

Розрахунок теплової схеми проводжу для трьох основних режимів [8]:

- I режим – максимальний зимовий при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення $t_{p.o}$;
- II режим – із середньою температурою найхолоднішого місяця $t_{cp.x.m}$;
- III режим – літній.

3.2.1 Вихідні дані для обчислення теплової схеми

1) Для режимів I і II встановлюється температура зовнішнього повітря відповідно:

- $t_{зовн.I} = t_{p.o} = -22^{\circ}\text{C}$;
- $t_{зовн.II} = t_{cp.x.m} = -4,7^{\circ}\text{C}$.

2) Для режимів I - II температура повітря усередині приміщень, що опалюються – $t_{вн.} = 23^{\circ}\text{C}$.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		43

3) Для режиму I, максимально допустима втрата тепла при опаленні будівель:

$$\sum Q_{max}^o = 23,29 \text{ кВт}$$

4) Максимальний за годину потік теплоти для системи ГВП $Q_{hr1}^h = 15,97 \text{ кВт}$.

5) Середня витрата теплоти за добу на ГВП – $Q_{T1}^h = 1,66 \text{ кВт}$.

6) Температура водопровідної холодної води при вході до котельні, T_1 , °C:

- для режиму I-II: $T_{1з} = 5 \text{ °C}$;
- для режиму III: $T_{1л} = 15 \text{ °C}$.

7) Температура води без попередньої обробки перед проходженням через систему очищення, T_3 , °C:

- для режиму I-II: $T_3 = 5 \text{ °C}$;
- для режиму III: $T_3 = 15 \text{ °C}$.

8) Максимальна температура води в подавальному трубопроводі для режиму I – $t_{1max} = 55 \text{ °C}$.

9) Максимальна температура води у зворотному трубопроводі для режиму I – $t_{2max} = 40 \text{ °C}$.

10) Для всіх режимів встановлюється температура гарячої води в централізованій системі гарячого водопостачання при закритій системі опалення $t_{г.в}^3 = 45 \text{ °C}$.

11) Для режиму III встановлюється температура води, що повертається від підігрівників гарячої води в літній період $t_{м.п}^{г.в} = 35 \text{ °C}$.

12) Питомий об'єм води, що припадає на одиницю відпущеної теплоти для системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, у всіх режимах, становить 35000 кг / МВт [11].

13) "Коефіцієнт зниження витікання води в системі теплопостачання " [11]:

$$k_{\text{вит}} = 1 \text{ (для режимів I-II);}$$

$$k_{\text{вит}} = 0,5 \text{ (для режимів III).}$$

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		44

14) "Коефіцієнт власних потреб водопідготовчої установки" [11]:

$$k_{x.b}^{B.II} = 1,1-1,25 \text{ (для всіх режимів);}$$

$$\text{беру } k_{x.b}^{B.II} = 1,2.$$

3.2.2 Обчислення теплової схеми для I режиму

- "Потік теплоти на опалення, кВт" визначаю за формулою [11]

$$Q_o = \sum Q_o^{\max} k_{o.b}, \quad (3.1)$$

де $k_{o.b}$ – коефіцієнт, що визначає зменшення теплового потоку для опалення залежно від зовнішньої температури повітря і дорівнює [11]

$$k_{o.b} = \frac{t_{BH} - t_{30BH}}{t_{BH} - t_{p.o}} \quad (3.2)$$

$$k_{o.b} = \frac{23 - (-22)}{23 - (-22)} = 1,$$

$$Q_o = 23,29 \cdot 1 = 23,29 \text{ кВт.}$$

- Тепловий потік для гарячого водопостачання – $Q_T^h = 1,66 \text{ кВт.}$
- "Розрахункова витрата мережної води на опалення, кг/с" [11]

визначається за формулою

$$G_o = \frac{Q_o}{c_b(t_{1 \max} - t_{2 \max})}, \quad (3.3)$$

де " c_b – теплоємність води, кДж/(кг·К)" [11]; беру $c_b = 4,187 \text{ кДж/(кг·К)}$.

$$G_o = \frac{23,29}{4,187 \cdot (55 - 40)} = 0,37 \text{ кг/с.}$$

- Витрату води, що використовується споживачами для гарячого водопостачання при даній системі нагрівання води всередині котельні, кг/с, визначаю за формулою [11]

$$G_{Г.В.}^{сп} = \frac{Q_{hr1}^h}{c_b(t_{Г.В.}^3 - T_2)}. \quad (3.4)$$

$$G_{Г.В.}^{сп} = \frac{15,97}{4,187(45 - 5)} = 0,095 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
							45
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

- Витрату води, яка використовується для живлення системи водонагрівального обладнання для гарячого водопостачання, кг/с, визначаю за формулою [11]

для зимового режиму:

$$G_{Г.В} = \frac{Q_{hr1}^h}{c_B(t_{1\max} - t_{2\max})}, \quad (3.5)$$

$$G_{Г.В} = \frac{15,97}{4,187(55 - 40)} = 0,25 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

для літнього режиму:

$$G_{Г.В} = \frac{Q_{hr1}^h}{c_B(t_{2\max} - t_{Г.В.}^{М.П})}, \quad (3.6)$$

$$G_{Г.В} = \frac{15,97}{4,187(40 - 35)} = 0,76 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

- "Розрахункова витрата мережної води на виході з котельної, кг/с," [11]

$$G_M = G_o, \quad (3.7)$$

$$G_M = 0,37 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

- Для режимів I і II, витрату води, що використовується для поповнення витоків у системі теплопостачання, кг/с, визначаю за формулою [11]

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (\sum Q_o^{\max} + Q_T^h) g_{\text{сист}} k_{\text{вит}}. \quad (3.8)$$

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (23,29 + 1,66) \cdot 10^{-3} \cdot 35000 \cdot 1 = 0,0018 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

- Витрату води, що входить у котельню через поворотну мережу, кг/с, визначаю за формулою [11]

$$G_{П.М} = G_M - G_{\text{вит}}. \quad (3.9)$$

$$G_{П.М} = 0,3700 - 0,0018 = 0,3682 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

- Загальну кількість теплоти, що вивільняється від водонагрівальних котлів, кВт, визначаю за формулою [11]

$$Q_K^B = k_{\text{вл.П}} (Q_o + Q_T^h), \quad (3.10)$$

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
							46
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

де $k_{\text{вл.п}}$ – коефіцієнт, що враховує внутрішні потреби котельні, включно з тепловими потоками для опалення та гарячого водопостачання, приймаю $k_{\text{вл.п}} = 1,05$.

$$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = 1,05(23,29 + 1,66) = 26,20 \text{ кВт.}$$

Результати розрахунку представлено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Результати розрахунку теплової схеми котельні

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Режими		
			I	II	III
1. Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення та вентиляцію залежно від температури зовнішнього повітря	$k_{o.в}$	—	1	0,625	-
2. Відпуск теплоти на опалення та вентиляцію	Q_o	кВт	23,29		
3. Витрати мережевої води	$G_{o.}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,37	0,37	-
4. Витрата води на гаряче водопостачання у споживачів	$G_{г.в}^{сп}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,076	0,076	0,078
5. Витрата нагрівальної води на водонагрівальну установку ГВП	$G_{г.в}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,25	0,37	-
			0,76	0,76	-
6. Розрахункова витрата мережної води на виході з котельної	$G_{м}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,37		-
7. Витрата води для підживлення на заповнення витікань в тепловій мережі	$G_{\text{вит}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,0018	0,0018	0,0021
8. Витрата поворотної мережної води на вході в котельну	$G_{п.м}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,3682	0,3682	0,3675
9. Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами	$Q_{\text{к}}^{\text{в}}$	кВт	26,20	25,40	24,09

3.3 Вибір теплового насосу

3.3.1 Режим роботи теплового насосу

Тепловий насос може працювати у 4 режимах. Серед яких [14]:

1) Моновалентний режим (рис. 3.2)

Тепловий насос у моновалентному режимі виступає єдиним джерелом тепла для опалення та нагріву води. Джерело тепла повинно бути розраховане на постійну роботу системи протягом всього року.

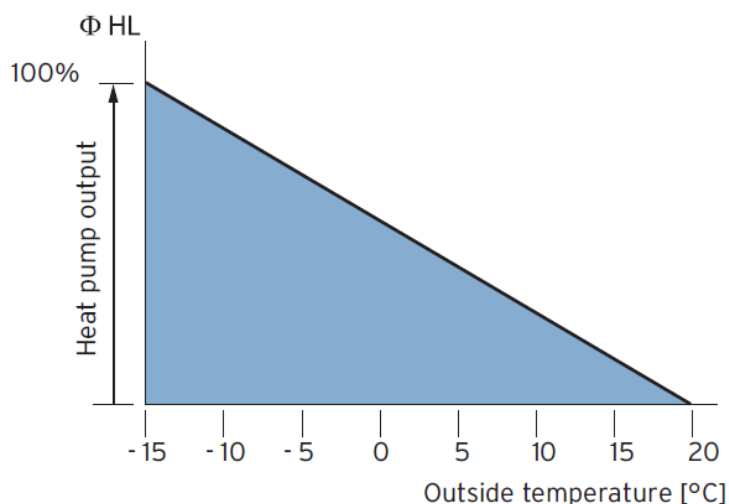


Рисунок 3.2 – Моновалентний режим

2) Моноенергетичний режим

Для передачі тепла використовуються два теплогенератори, які працюють на одному джерелі енергії. Тепловий насос поєднується з додатковим електричним нагріванням для забезпечення необхідної кількості теплоти у періоди максимального споживання. Додатковий електронагрівач встановлюється в контурі системи та активується за командою регулятора. Частка електронагрівання в потоці системи має бути мінімальною.

3) Бівалентний змінний режим (рис. 3.3)

У режимі змінного балансування використовується тепловий насос, а також другий теплогенератор, який живиться іншим джерелом енергії для опалення приміщення. При цьому насос працює до певної точки, відомої як

точка бівалентності (наприклад, при температурі зовнішнього повітря 0 °С), аби передати завдання нагріву при нижчих температурах зовнішнього повітря другому теплогенератору (наприклад, газовому котлу). Цей режим часто використовується в системах опалення з високими температурами, де тепловий насос може забезпечувати від 60 до 70% річної потужності опалення (з урахуванням кліматичних умов Центральної Європи).

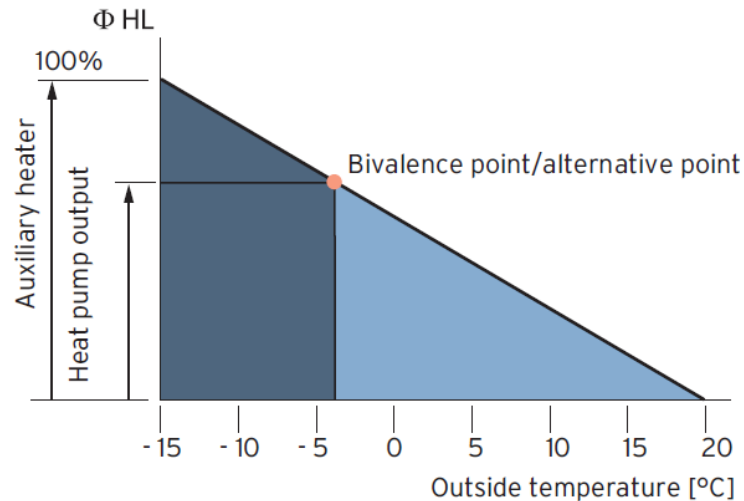


Рисунок 3.3 – Бівалентний змінний режим

4) Бівалентний паралельний режим (рис. 3.4)

Поза тепловим насосом, встановлюється ще один теплогенератор, який використовує інше джерело енергії для забезпечення потреб у тепlopостачанні. Коли температура зовнішнього повітря досягає певного рівня, цей другий теплогенератор автоматично активується для нагріву приміщення. Для такого режиму необхідно, щоб тепловий насос продовжував працювати при найнижчих температурах зовнішнього повітря.

5) Бівалентний напівпаралельний режим (рис. 3.5)

При заданому рівні температури зовнішнього повітря тепловий насос автоматично забезпечує необхідну кількість тепла. У разі, якщо температура опускається нижче цього рівня, вмикається другий теплогенератор, який бере на себе повне навантаження з обігріву.

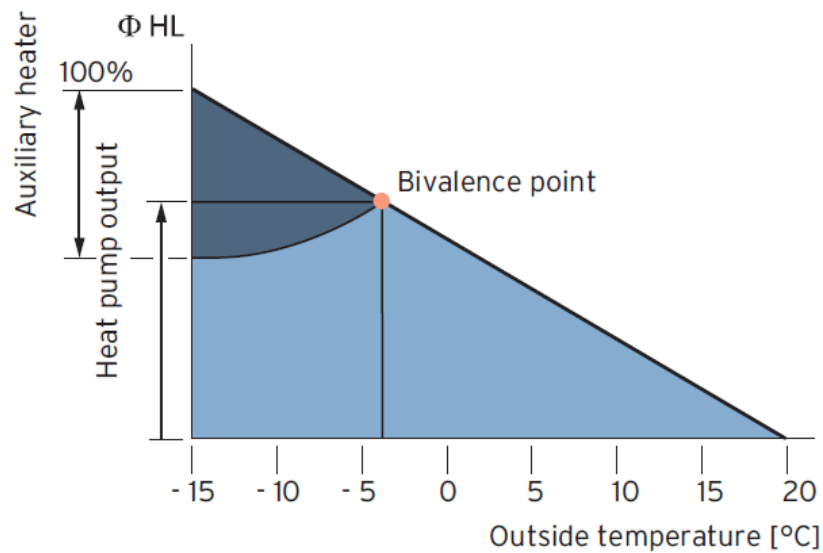


Рисунок 3.4 – Бівалентний паралельний режим

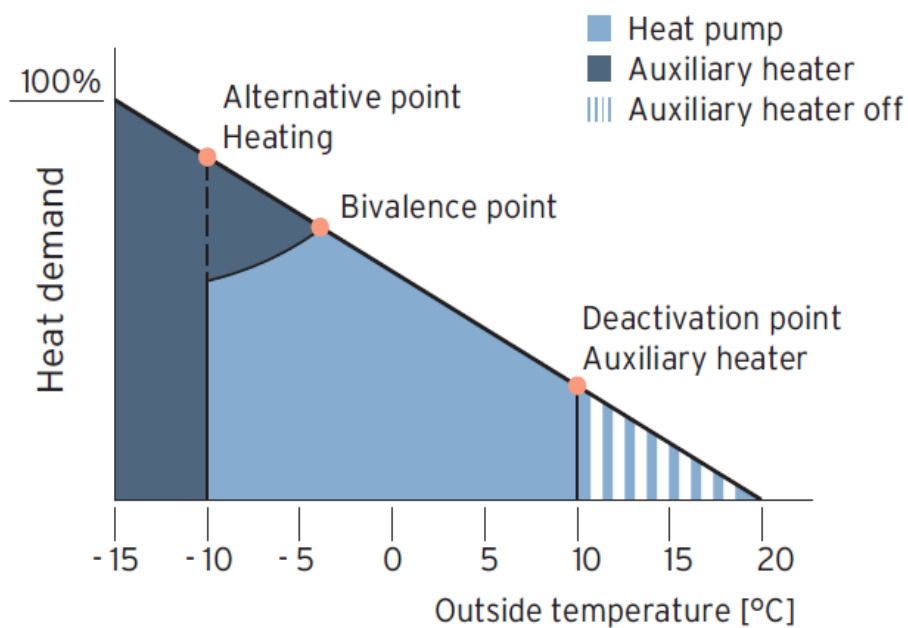


Рисунок 3.5 – Бівалентний напівпаралельний режим

У даному проєкті для теплового насосу підходить режим - бівалентний паралельний режим роботи.

3.3.2 Підбір ТН через допоміжну програму Vaillant

Для того щоб правильно підібрати тепловий насос необхідної потужності, скористаюсь допоміжною програмою від компанії Vaillant. У ній необхідно вказати усі дані об'єкту (рис. 3.6) і розрахунки втрат теплоти на систему тепло- і на холодопостачання, оскільки тепловий насос повинен повністю забезпечувати систему охолодження влітку.

Рисунок 3.6 – Вигляд одної зі сторінок програми Vaillant

Вказавши необхідне обладнання і всі параметри теплового насосу (рис. 3.7) програма показує результат у вигляді графіків (рис. 3.9). Також програма Vaillant при заданих параметрах визначає і відповідні до ТН конденсаційний котел, бойлер, буферні ємності тощо. Підбір цих обладнань описано в наступних пунктах.

За розрахунками виходить, що для даного будинку найкращим варіантом буде встановити каскад з теплових насосів aroTHERM VWL 105/5 AS 400B потужністю 10,2 кВт (рис. 3.8). Технічні характеристики даних теплових насосів показано у табл. 3.2.

VAILLANT GROUP Підготовка комерційної пропозиції

Головна Підбір Специфікація Шаблон КП

Загальна інформація

✓ Дані по об'єкту

Споживачі тепла

✓ Тепловтрати

✓ Гаряче водопостачання

✓ Теплопритоки

Система

Тепловий насос

► Газовий котел

► Оберіть схему

► Буферна ємність

► Водонагрівач

Акcesуари

► Для теплового насоса

► Для газового котла

► Для опалювального контура

► Для водонагрівача

► Автоматика

Результат

► Результат

Тепловий насос

Призначення: ☒ Опалення (24,2 кВт)
☒ Охолодження (14,1 кВт)
☒ Активне ☐ Пасивне
☒ Гаряче водопостачання (1,3 кВт)

Температура подачі: Тепло Холод
☐ 35°C ☐ 7°C
☐ 45°C ☒ 10°C
☒ 55°C ☐ 18°C

Тип: Повітря-вода

Тепловий насос: aroTHERM VWL 105/5 AS [10 кВт; вбудов. ел.нагр 8,8 кВт; акт. холод: 9,3 кВт]

Тип: Повітря-вода

Тепловий насос: aroTHERM VWL 105/5 AS [10 кВт; вбудов. ел.нагр 8,8 кВт; акт. холод: 9,3 кВт]

Рекомендоване покриття розрахункового теплоспоживання:
Моновалентний режим: ≥100% (надлишок потужності, по можливості, мінімальний)
Бівалентний режим: 50% - 99%

Рекомендований об'єм теплоакumuлюючої ємності: 150 - 850 л

Рисунок 3.7 – Вигляд вказаних параметрів у програмі Vaillant



Рисунок 3.8 – Зовнішній і внутрішній блоки теплового насосу aroTHERM split

Тепловий насос	
Призначення	Опалення Охолодження Гаряче водопостачання
Температура подачі, [°C] (Тепло)	55
Тип охолодження	Активне
Температура подачі, [°C] (Холод)	10
Тепловий насос	0010021635 - aroTHERM VWL 105/5 AS 0010021635 - aroTHERM VWL 105/5 AS

Статус:

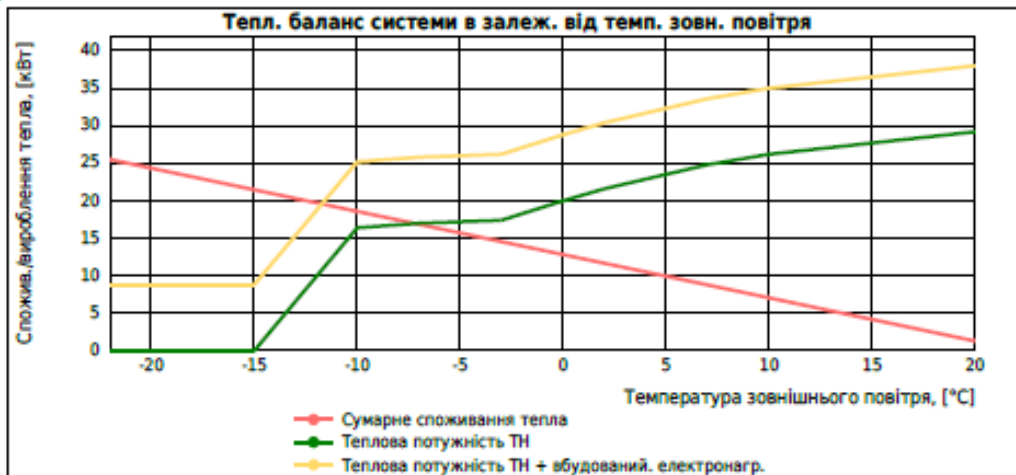


Рисунок 3.9 – Результати підбору ТН

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

Таблиця 3.2 Технічні характеристики TH VWL 105/5 AS 400B

Технічні характеристики		
Теплова потужність (A7/W35)	кВт	9,8
Споживання електроенергії	кВт	2,09
Коефіцієнт перетворення COP		4,7
Теплова потужність (A7/W55)	кВт	10,4
Споживання електроенергії	кВт	3,71
Коефіцієнт перетворення COP		2,8
Теплова потужність (A35/W18)	кВт	12,8
Споживання електроенергії	кВт	3,76
Коефіцієнт перетворення COP		3,4
Теплова потужність (A35/W7)	кВт	8,8
Споживання електроенергії	кВт	3,38
Коефіцієнт перетворення COP		2,6
Підключення до електромережі	В/Гц	230(400)/50
Максимальний пусковий струм	А	21,3(13,5)
Макс. температура нагріву	°C	62
Мінімальна температура повітря у режимі опалення і нагріву водонагрівача	°C	-20
Максимальна температура повітря у режимі опалення	°C	20
Максимальна температура повітря у режимі нагріву водонагрівача	°C	43
Мінімальна температура повітря у режимі охолодження	°C	15
Максимальна температура повітря у режимі охолодження	°C	46
Рівень шуму (A7/W35) не більше	ДБ	58
Розміри з'єднань контуру теплоносія	дюйм	1/2" та 3/4"
Габаритні розміри:		
Висота (H)	мм	1565
Глибина(D)	мм	450
ширина (B)	мм	1100

Даний тепловий насос працює надійно до температури зовнішнього повітря до -20°C і забезпечує стійкий коефіцієнт перетворення енергії COP до 4,8, залежно від температури зовнішнього повітря та температури в системі опалення. Зовнішній контур теплового насоса заповнений фреоном, що забезпечує його стійкість до замерзання у разі відключення електроенергії. Максимальна ефективність досягається при низькій температурі подачі системи опалення 30-35°C. З цією метою рекомендується використовувати системи «теплі підлоги», «теплі стіни» або радіатори з великою площею нагріву. Конструкція цих теплових насосів спеціально розроблена для використання в холодному Європейському кліматі і має на меті досягнення найвищої ефективності в опаленні. Крім того, aroTHERM split може також

працювати в режимі охолодження, що дозволяє економити кошти на кондиціювання.

Теплові насоси aroTHERM split доступні як у однофазному (230В), так і у трифазному (400В) виконанні. Вони мають інвертор, що дозволяє уникнути великих пускових токів, що забезпечує стабільну роботу інших пристроїв, підключених до електромережі.

При необхідності теплові насоси можуть бути інтегровані в систему з кількох пристроїв і поєднані в каскад з газовим або електричним котлом. У такому випадку автоматика керуватиме системою як одним цілим, використовуючи більш економічну та ефективну технологію в першу чергу.

Крім того, їх сучасний дизайн, який економить місце, становить ще одну перевагу - вони потребують лише 0,5 м² простору, ідеально вписуючись у ваш фасад. Ще однією цінною перевагою є те, що aroTHERM split є найтихішим тепловим насосом у своєму класі, тому він також підходить для використання в населених місцях з щільною забудовою. Рівень звуку в нічному режимі навіть нижчий, еквівалентний рівню звуку холодильника.

3.4 Вибір газового конденсаційного котла

Відповідно до ТН програма Vaillant підбрала одноконтурний газовий конденсаційний настінний котел ecoTEC plus VU 25CS/1-5 (N-INT2) (рис.3.10). Технічні характеристики даного типу котлів показано у табл. 3.3.

Конденсаційні газові котли ecoTEC використовують в якості палива природний газ. Але на відміну від традиційних котлів, вони мають порівняно низьку температуру відпрацьованих газів та додатково використовують енергію, що виділяється при конденсації водяної пари, що утворюється при згорянні. Цей ефект зменшує витрату газу на 12-15%. Максимальну ефективність можливо досягти при низькій температурі подачі системи опалення 30-35°C. Добре поєднується з системою «тепла підлога» або радіаторами з великою площею нагріву.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		55



Рисунок 3.10 – Котел ecoTEC plus VU 25CS/1-5 (N-INT2)

Таблиця 3.3 Технічні характеристики котла ecoTEC plus VU 25CS/1-5

Позначення	VU 25CS/1-5	
Номер для замовлення	0010043963	
Технічні характеристики		
Теплова потужність (в режимі 50/30 °С)	кВт	2,8-26,4
Теплова потужність (в режимі 80/60 °С)	кВт	2,5-24,7
Теплова потужність в режимі ГВП	кВт	27,5
Температура димових газів мн./макс.	°С	35/85
Мас. витрата димових газів мін./макс.	г/с	1,25/13,22
Залишковий напір циркуляційного насоса (номінальн.)	мбар	250
Макс. температура подачі	°С	85
Макс. робочий тиск у контурі опалення	бар	3
Номінальні витрати опалювальної води	л/год	1070
Підключення до електромережі	В/Гц	230/50
Споживання електроенергії, не більше	Вт	90
Розміри з'єднань:		
Димохід	мм	80/125
Газопровід	мм	15
Конттури опалення	дюйм	G 3/4
Конттури завант. накопичувача	дюйм	G 1/2
Габаритні розміри:		
Ширина	мм	440
Висота	мм	720
Глибина	мм	348
Маса (незаповнений)	кг	34

Котли есоТЕС обладнані теплообмінником з нержавіючої сталі, який стійкий до конденсату та високих температур. При належному обслуговуванні (заправка системи опалення підготовленою водою та регулярне технічне обслуговування) ці котли можуть працювати бездоганно протягом 15-20 років і більше. Вони мають бездоганну репутацію в Україні та світі.

Розрізняють двоконтурні котли, що мають теплообмінник для приготування гарячої води вбудований в сам котел та одноконтурні котли, що гріють воду в водонагрівачі непрямого нагріву. Двоконтурні котли потребують менших інвестицій, не потребують місця для встановлення водонагрівача, але дозволяють нагріти досить обмежену кількість води та не забезпечують стабільну температуру при змінній витраті. Зазвичай ці котли встановлюють у квартирах та невеликих котеджах. Одноконтурні котли гарантують наявність значного обсягу нагрітої води навіть при малій потужності та бездоганий комфорт у користуванні.

Усі котли есоТЕС обладнані функцією погодозалежного керування, яка автоматично налаштовує систему опалення під конкретні умови, забезпечуючи стабільну температуру в приміщенні та знижуючи витрати газу.

У конструкції котлів есоТЕС включені всі необхідні для безпечної та надійної роботи компоненти (циркуляційний насос, розширювальний бак, запобіжний клапан, байпасний та триходовий клапани, датчик тиску, манометр та сифон для конденсату). Тому не потрібно додатково купувати ці елементи та сплачувати за їх монтаж.

Настінне виконання, що економить простір, дозволяє компактно розмістити котел в котельні. ЕсоТЕС - це найтихіший котел, і за потреби можна розмістити його в житловому приміщенні (на кухні чи коридорі).

3.5 Підбір теплоаккумуляторів

Теплоаккумулятор - це пристрій, що зазвичай має форму бака і зберігає надлишки тепла для подальшого використання. Він функціонує як буферна ємність, утримуючи тепло до моменту його потреби. Таке може відбутись,

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		57

коли джерело тепла, наприклад котел, працює з меншою інтенсивністю або припиняє роботу.

Якщо у системі опалення є встановлений тепловий насос, то існують певні вимоги, а саме: вимоги до мінімальних витрат і об'єму теплоносія. У такому випадку буферна ємність відіграє важливу роль у забезпеченні вищезазначених вимог, тому необхідно правильно розрахувати і уважно підібрати її об'єм. Крім того, теплоаккумулятор виконує такі функції [15]:

- підвищує ефективність роботи (ККД) теплового насосу;
- можливість одночасного використання кількох джерел тепла;
- забезпечує можливість направлення тепла до різних призначень одночасно, наприклад, для підлогового опалення, радіаторів тощо;
- видаляє надлишок повітря з теплоносія, тощо.

Згідно рекомендацій технічної документації і програми Vaillant обрано буферні ємності для теплових насосів. Теплоаккумулятор, що працює на систему опалення - VPS R 200/1 B, ємністю 202 л, а теплоаккумулятор, що працює на систему охолодження приміщень - VPS R 100/1 M, ємністю 101 л (рис. 3.11). Їхні технічні характеристики продемонстровано у табл. 3.4.

Особливостями даних буферних ємностей є:

- 1) істотне збільшення енергоефективності системи опалення. Дозволяють оптимізувати (збільшити COP) роботу теплового насоса;
- 2) легкий монтаж і зручність при транспортуванні;
- 3) можливість використання в системах опалення і системах з активним холодом;
- 4) збільшує термін служби теплового насоса. Знижує кількість пусків / зупинок компресора, знижує пускові навантаження на всі компоненти системи;
- 5) компактні розміри і естетичний дизайн. Можливість настінного і стаціонарного монтажу для VPS R 100/1 M і стаціонарного монтажу для VPS R 200/1 B.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		58



Рисунок 3.11 – Буферна ємність типу VPS R 200/1 B/ VPS R 100/1 M

Таблиця 3.4 Технічні характеристики буферних ємностей

Параметр		VPS R100/1 M	VPS R 200/1 B
Артикул		0010021456	0010021457
Номінальна ємність	л	101	202
Ізоляція	Матеріал	Поліуретан (PUR)	
	Клас теплоізоляції	A	B
	Теплові втрати (кВт*год/добу)	0.83	1,35
Датчик (гільза)	Розташування	1 зверху	1 зверху. 1 знизу
Можливість монтажу		На підлозі або на стіні	На підлозі
Підключення	Дюйм	1”1/2	1”1/2
	Кількість	4/4	4/4
Розміри	Діаметр, см	56,3	60
	Висота, см	92,7	120,2
	Глибина, см	57,3	60
Робоча температура	Мін, °C	5	5
	Макс. °C	95	95
Максимальний тиск	бар	3	3

3.6 Вибір ємнісного водонагрівача

3.6.1 Принцип роботи бойлера непрямого нагріву

Сучасні стандарти комфорту та затишку в житлових приміщеннях вимагають постійного гарячого водопостачання. На сьогоднішній день це можна забезпечити різними способами, кожен з яких має свої переваги та недоліки. У приватних будинках, не підключених до централізованої системи гарячого водопостачання, проблема відсутності гарячої води зазвичай тісно пов'язана з опаленням. Поєднання підігріву води із системою опалення в таких випадках є зручним та економічно вигідним варіантом. Так працюють бойлери непрямого нагріву, які не мають вбудованого нагрівального елемента.

Бойлер непрямого нагріву – це термоізований бак для нагріву води, який використовує тепло від системи опалення. Він здатний підтримувати високу температуру води протягом тривалого часу, навіть якщо вже вимкнено основне джерело тепла [16].

Принцип роботи бойлера такого типу досить простий (рис. 3.12). Через вхідний патрубок надходить холодна вода у накопичувальний бак, одночасно з цим теплоносієм надходить у змішувик, який нагріває воду. До системи опалення підключається теплообмінник, який виконує функцію додаткового радіатора, розташованого всередині накопичувального бака. По суті, конструкція схожа на електричні водонагрівачі, але замість тена використовується теплообмінник. Щоб підтримувати задану температуру води, всередині бака встановлюється терморегулятор. Якісна теплоізоляція бака дозволяє зберігати тепло протягом тривалого часу. У моделях з двома теплообмінниками один підключається до системи опалення, а другий - до альтернативних джерел тепла [17].

Серед переваг цього типу водогрійного обладнання порівняно з іншими варіантами можна зазначити:

- висока продуктивність, яка дозволяє швидко нагріти необхідний обсяг води та підтримувати її стабільну температуру при мінімальних витратах енергоносіїв;

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		60

- електробезпека – через відсутність додаткового тону бойлер не створює додаткового навантаження на електромережу;
- можливість вибору об'єму бойлера, щоб забезпечити гарячою водою кухню, ванну та інші необхідні приміщення;
- сумісність з будь-яким опалювальним обладнанням – котлами на твердому паливі, газовими, електричними, тепловими насосами та сонячними колекторами;
- система рециркуляції, що реалізована за допомогою патрубків, дозволяє одразу отримувати гарячу воду при відкритті крана;
- відсутність контакту теплоносія з водою.

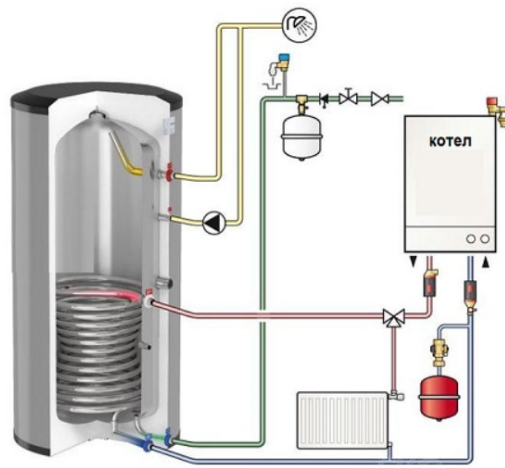


Рисунок 3.12 – Принцип роботи бойлера непрямого нагріву

Серед недоліків такого обладнання можна виділити його великі габаритні розміри. Через це необхідне чимале місце для установки. Особливо це стосується бойлерів об'ємом від 200 л, які є підлоговими моделями.

3.6.2 Розрахунок ємнісного водонагрівача гарячого водопостачання

Вихідні дані:

- $G_1 = G_{г.в} = 0,25 \text{ кг/с}$ – витрата води, що гріє;
- $G_2 = G_{г.в}^{сп} = 0,095 \text{ кг/с}$ – витрата води, що нагрівається;
- $t'_1 = t_1 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура води, що гріє на вході;
- $t'_2 = T_{13} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура води, що нагрівається на вході;

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		61

- $t_2'' = t_{г.в}^3 = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура нагрівальної води на виході;
- $(d_3 / d_{вн}) = (42,3/35,9)$ мм – діаметр трубок теплообмінника;
- $\tau = 0,85$ год – час нагрівання води в водонагрівачі.

Розрахунок:

1) Визначаю середню температуру нагрівальної води, $^{\circ}\text{C}$, за формулою [11]

$$\bar{t}_2 = t_1' - \frac{t_2'' - t_2'}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1' - t_2''}}; \quad (3.11)$$

$$\bar{t}_2 = 55 - \frac{45 - 5}{\ln \frac{55 - 5}{55 - 45}} = 30,15^{\circ}\text{C}.$$

2) Необхідний об'єм накопичувального бака, м^3 , визначаю за формулою [11]

$$V = \frac{G_2}{\rho_2} \tau \cdot 3600, \quad (3.12)$$

де $\rho_2 = 996\text{ кг/м}^3$ – густина води при $\bar{t}_2$. Тоді:

$$V = \frac{0,095}{996} \cdot 0,85 \cdot 3600 = 0,29\text{ м}^3.$$

За результатом розрахунку, у каталозі ємнісних водонагрівачів фірми Vaillant обираю за найближчими параметрами бойлер VІН RW 300/3 BR (рис. 3.13) об'ємом 281 л. Технічні характеристики даного бойлера непрямого нагріву зображено у табл. 3.5.

3) Питому теплопродуктивність бойлера, Вт/К , визначаю за формулою [11]

$$kF = G_1 c_1 \ln \frac{1}{1 - \frac{G_2}{G_1} \ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1' - t_2''}}, \quad (3.13)$$

$$kF = 0,25 \cdot 4187 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{0,095}{0,25} \ln \frac{55 - 5}{55 - 45}} = 990 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}.$$



Рисунок 3.13 – Бойлер непрямого нагріву VIH RW 300/3 BR

Таблиця 3.5 Технічні характеристики бойлеру VIH RW 300/3 BR

Технічні характеристики			VIH RW 300/3 BR	
Об'єм гарячої води	л		281	
Макс. робочий тиск в контурі водопостачання	бар		10	
Макс. робочий тиск в контурі опалення	бар		10	
Макс. температура гарячої води	°C		85	
Макс. температура контуру опалення	°C		110	
Площа теплообмінника	м²		3,1	
Втрати тепла у стані готовності	кВт-год/ добу		1,4	
Витрата гарячої води при $dT=35^{\circ}\text{C}$ і T контуру опалення 60°C	л/год		1063	
Потужність нагріву гарячої води при $dT=35^{\circ}\text{C}$ і T контуру опалення 60°C	кВт		43,2	
Розміри підключень:				
Підключення контуру опалення				R 1"
Підключення контуру водопостачання				R 1"
Підключення контуру рециркуляції				R 3/4"
Габаритні розміри:				
Діаметр з ізоляцією і фланцями	мм		755	
Діаметр з ізоляцією	мм		650	
Діаметр без ізоляції	мм		-	
Висота з ізоляцією	мм		1804	
Вага (не заповнений)	кг		141	
Робоча вага	кг		422	

4) На виході з апарату визначаю температуру води, що нагріває, °C, за формулою [11]

$$t_1'' = \bar{t}_2 + (t_1' - \bar{t}_2) \exp\left(-\frac{kF}{G_1 c_1}\right), \quad (3.14)$$

$$t_1'' = 30,15 + (55 - 30,15) \exp\left(-\frac{990}{0,25 \cdot 4187}\right) = 39,8^\circ\text{C}.$$

5) Тепер визначаю середню температуру води, що нагріває за допомогою формули [11]

$$\bar{t}_1 = 0,5(t_1' + t_1''), \quad (3.15)$$

$$\bar{t}_1 = 0,5(55 + 39,8) = 47,4^\circ\text{C}.$$

6) Швидкість води, що нагріває, в трубках змійовикова теплообмінника, м/с, за допомогою формули [11]

$$\omega_1 = \frac{4G_1}{\rho_1 \pi d_{\text{BH}}^2}, \quad (3.16)$$

$$\omega_1 = \frac{4 \cdot 0,25}{996 \cdot 3,14 \cdot 0,0359^2} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

3.7 Підбір розширювальних баків

Важливим компонентом будь якої системи опалення чи системи ГВП є розширювальний бак. Його функція полягає в прийнятті надлишків теплоносія, коли той розширюється, що запобігає розриву трубопроводів і кранів. Принцип роботи розширювального бака можна описати так: при підвищенні температури теплоносія на 10 градусів, його об'єм збільшується приблизно на 0,3%. Оскільки рідина не стискається, утворюється надлишковий тиск, який необхідно компенсувати. Саме для цього і встановлюється розширювальний бак. Це говорить про те, що призначення розширювальних баків полягає у наступному [10]:

- 1) компенсації збільшення об'єму води при її нагріванні;
- 2) видалення з системи опалення накопиченого повітря в атмосферу;
- 3) контролю рівня води в системі.

Дуже важливо правильно розрахувати обсяг розширювального бака для конкретної системи. Якщо об'єм буде занадто великим, стиснене повітря не зможе створити необхідний тиск води в трубопроводі. Якщо ж об'єм буде занадто малим, бак не зможе прийняти необхідну кількість надлишкового теплоносія, що призведе до пошкодження трубопровідної системи.

Розрахунок розширювальних баків

1) Знаходжу попередній надлишковий тиск у баку розширення, бар, за формулою [11]

$$P_o = (P_c + P_n), \quad (3.17)$$

де P_c – статичний тиск у системі опалення;

P_n – тиск пари у баку.

Щоб визначити P_c необхідно перевести висоту будинку (9 м) в бари, тобто $P_c = 0,9$ бар, а $P_n = 0,2$ бар [10]. Тоді:

$$P_o = 0,9 + 0,2 = 1,1 \text{ бар.}$$

2) Для визначення кінцевого надлишкового тиску необхідно взяти його меншим на 0,5 бар за тиск запобіжного клапана (2 бар) [10]

$$P_{\text{кін}} = 2 - 0,5 = 1,5 \text{ бар.}$$

3) Об'єм води, що циркулює в системі опалення, л, визначаю за допомогою програми Instal – Therm.

$$V_{\text{сист.1}} = 380 \text{ л.}$$

Для розширювального баку в системі ГВП, об'ємом системи буде об'єм бойлера, тобто:

$$V_{\text{сист.2}} = 281 \text{ л}$$

4) Визначаю зростання об'єму води в системі опалення під час нагрівання, л, за формулою [11]

$$V_p = V_{\text{сист.}} \cdot k / 100, \quad (3.18)$$

де k – "коефіцієнт розширення теплоносія, %" [11]. За таблицею [11] при $t_{1\text{max}} = 55^\circ\text{C}$ – $k = 1,43$ %.

$$V_{p1} = 380 \cdot \frac{1,43}{100} = 5,43 \text{ л.}$$

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		65

Для системи ГВП:

$$V_{p2} = 281 \cdot \frac{0,96}{100} = 2,7 \text{ л.}$$

5) Обсяг мембранного розширювального резервуара, який потрібно знайти, визначаю за формулою [11]

$$V_6 = (V_p + V_3) P_{\text{кінц.абс.}} / (P_{\text{кін.}} - P_0), \quad (3.19)$$

де V_3 – "водяний затвор для бака, л" [11];

$P_{\text{кінц.абс.}}$ – абсолютний тиск, кінцевий, бар.

$$V_{31} = \frac{0,5 \cdot 380}{100} = 1,9 \text{ л,}$$

$$V_{32} = \frac{0,5 \cdot 281}{100} = 1,4 \text{ л,}$$

$$P_{\text{кінц.абс.}} = 1,5 + 1 = 2,5 \text{ бар.}$$

$$V_{61} = \frac{(5,43 + 1,9)2,5}{1,5 - 1,1} = 45,8 \text{ л.}$$

$$V_{62} = \frac{(2,7 + 1,4)2,5}{1,5 - 1,1} = 25,6 \text{ л.}$$

Отже обираю розширювальні баки компанії Flamco (рис. 3.14). За технічними характеристиками (табл. 3.6) найбільш відповідним для системи опалення є бак Flexcon Premium 50 л, а для системи ГВП - Airfix A 25, 25 л (табл. 3.7).



Рисунок 3.14 – Вигляд розширювальних баків фірми Flamco для системи опалення і ГВП відповідно

Таблиця 3.6 Технічні характеристики розширювального бака системи опалення

Тип	Об'єм [л]	Початковий тиск [бар]	Розміри				Мембра- на	Підключе- ння (Е)	Вага [кг]
			A [мм]	B [мм]	C [мм]	D [мм]			
Flexcon Premium 50	50	2,5	437	493	263	134	Butyl	R 3/4"	11,4

Таблиця 3.7 Технічні характеристики розширювального бака для системи ГВП

Тип	Початковий тиск [бар]	Макс. раб. тиск [бар]	Розміри		З'єднання	Вага [кг]
			d [мм]	H. [мм]		
Airfix A 25	4	10	358	378	R 3/4"	6,6

3.8 Підбір насосних груп

У даному проекті передбачено п'ять насосних груп, а саме: на підлогове опалення 1 поверху – змішувальна, на підлогове опалення 2 поверху – змішувальна, на радіаторне опалення – змішувальна, на систему ГВП – пряма і на систему охолодження фанкойлами – теж пряма.

Щоб підібрати насосні групи необхідно розрахувати параметри насосу мережної води.

Розрахунок

1) Визначаю подачу мережної води, м³/год, за формулою [11]

$$V_m = \frac{G_m \cdot 3600}{\rho_v}, \quad (3.20)$$

де "G_m – масова витрата мережної води, кг/с" [11] (беру найбільше значення з розрахунку теплової схеми);

ρ_v – густина води, кг/м³ (приймаю 1000 кг/м³).

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		67

$$V_m = \frac{0,37 \cdot 3600}{1000} = 1,33 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

2) Щоб визначити тиск насоса мережної води скористаюсь формулою [11]

$$H_m = 1,1 \Delta P_m + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{кл}}, \quad (3.21)$$

де " ΔP_m – гідравлічний опір трубопроводів теплової мережі, МПа;
 $\Delta P_{\text{тр}}$ – гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні, МПа;
 $\Delta P_{\text{кл}}$ – гідравлічний опір триходового клапана, МПа" [11].

3) Для визначення гідравлічного опору мережі, перш за все, необхідно знайти внутрішній діаметр трубопроводів, м, задаючи швидкість води в межах 1-2 м/с.

$$d_m = 1,13 \sqrt{\frac{G_m}{\rho_m \omega_m}} \quad (3.22)$$

$$d_m = 1,13 \sqrt{\frac{0,37}{1000 \cdot 1,5}} = 0,018 \text{ м.}$$

З ряду стандартних значень обираю найбільш близьке – 0,02 м.

4) Перераховую швидкість мережної води за формулою [11]

$$\omega_{\text{м.д}} = \frac{4G_m}{\rho_m \pi d_y^2} \quad (3.23)$$

$$\omega_{\text{м.д}} = \frac{4 \cdot 0,37}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,02^2} = 1,18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

5) ΔP_m , МПа, визначається за формулою [11]

$$\Delta P_m = R \ell (1 + \alpha) \cdot 10^{-6}; \quad (3.24)$$

де " R – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

ℓ – довжина теплової мережі у двотрубному виконанні, м;

α - коефіцієнт місцевих опорів" [11], беру з таблиці [11] для трубопроводів з внутрішнім діаметром менше 150 мм – $\alpha = 0,3$.

R , Па/м, у свою чергу, визначаються за формулою [11]

$$R = \lambda \frac{\rho_m \omega_{\text{м.д}}^2}{2 d_y} \quad (3.25)$$

де λ - " коефіцієнт опору тертя" [11] і розраховується за формулою [11]

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
							68
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_e}{d_y} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (3.26)$$

де k_e – еквівалентний коефіцієнт, що відображає рівень абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні трубопроводу, мм (для труб в котельні приймаю $k_e = 0,1$ мм);

Re – "число Рейнольдса" [11], визначаю за відомою формулою

$$Re = \frac{d_y \omega_{м.д}}{\nu}, \quad (3.27)$$

де ν – "кінематична в'язкість води, м²/с" [11], (беру відносно середньої температури мережної води $t_{ср.в} = 0,5(t_1 + t_2) = 0,5(55+40) = 47,5^\circ\text{C}$ за таблицями фізичних властивостей води).

$$Re = \frac{0,02 \cdot 1,18}{0,582 \cdot 10^{-6}} = 40550,$$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{0,1}{20} + \frac{68}{40550} \right)^{0,25} = 0,031,$$

$$R = 0,031 \frac{1000 \cdot 1,18^2}{2 \cdot 0,02} = 1079,1 \frac{\text{Па}}{\text{м}},$$

$$\Delta P_m = 1079,1 \cdot 47,3 \cdot (1 + 0,3) \cdot 10^{-6} = 0,066 \text{ МПа}.$$

6) Гідравлічний опір, що виникає у трубопроводах всередині котельні, МПа, приймаю 5% від ΔP_m [11]

$$\Delta P_{тр} = 0,05 \cdot \Delta P_m, \quad (3.28)$$

$$\Delta P_{тр} = 0,05 \cdot 0,066 = 0,0033 \text{ МПа}.$$

7) Для змішувальної насосної групи необхідно розрахувати також параметри трьохходового клапана. Перепад максимального робочого тиску визначаю за технічними характеристиками клапана для насосних груп фірми Meibes, що дорівнює $\Delta P = 1$ бар. Тепер за формулою [18] визначаю пропускну здатність даного клапану, м³/год

$$k_v = \frac{V_m}{\sqrt{\Delta P}}; \quad (3.29)$$

$$k_v = \frac{1,33}{\sqrt{1}} = 1,33 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		69

Тепер за каталогом фірми Meibes підбираю трьохходовий клапан так, що пропускна здатність перевищувала розраховану ($k_{vs} = 2,5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$).

8) Тепер визначаю максимальну кількість теплоносія, яка може пройти через клапан, коли він повністю відкритий, $\text{м}^3/\text{год}$, за формулою [18]

$$V_{\max} = k_{vs} \sqrt{\Delta P} ; \quad (3.30)$$

$$V_{\max} = 2,5 \cdot \sqrt{1} = 2,5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

9) Перерахую дійсні втрати тиску на клапані, бар, за формулою [18]

$$\Delta P_p = \left(\frac{V_o}{k_{vs}} \right)^2 ; \quad (3.31)$$

$$\Delta P_p = \left(\frac{1,33}{2,5} \right)^2 = 0,28 \text{ бар}.$$

10) Для визначення швидкості руху води через трьохходовий клапан, $\text{м}/\text{с}$, використаю рівняння нерозривності потоку [18]

$$v = \frac{4V_o}{3600 \pi D N^2} ; \quad (3.32)$$

$$v = \frac{4 \cdot 1,33}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,02^2} = 1,18 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Згідно рекомендацій, швидкість повинна бути менша за $3,5 \text{ м}/\text{с}$, а отже все розраховано правильно.

11) Гідравлічний опір трьохходового клапана, МПа, визначаю за формулою

$$\Delta P_{\text{кл}} = 0,1 \sqrt{\frac{V_M}{k_{vs}^2}} = 0,1 \sqrt{\frac{1,33}{2,5^2}} = 0,046 \text{ МПа}.$$

12) Тепер за формулою (3.21) визначаю тиск насоса

$$H_M = 1,1 \cdot 0,066 + 0,0033 + 0,046 = 0,122 \text{ МПа}.$$

За розрахованими параметрами подачі $V_M = 1,33 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, тиску насоса $H = 0,12 \text{ МПа}$ і параметрами трьохходового клапану підбираю насосні групи фірми Meibes: пряма група – MeiFlow TOP S UC і змішувальна – MeiFlow TOP S MC.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		70

Результати розрахунків насосних груп показано у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 Результати розрахунку насосних груп

Величина	Позначення	Розмірність	Насосна група	
			Пряма (радіатори, конвектори, ГВП)	Змішувальна (підлогове опалення)
Подача мережної води	V_m	$\frac{м^3}{год}$	1,33	
Внутрішній діаметр труби	d_m	м	0,02	0,015
Швидкість мережної води	$\omega_{м,д}$	м/с	1,18	2
Число Рейнольдса	Re	-	40550	51546
Коефіцієнт опору тертя	λ	-	0,031	0,033
Питомі втрати тиску на тертя	R	Па/м	1079,1	4399
Гідравлічний опір трубопроводів мережі	ΔP_m	МПа	0,066	0,034
Гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні	$\Delta P_{тр}$	МПа	0,0033	0,0017
Тиск насосу мережної води	H_m	МПа	0,122	0,082
Пропускна здатність трьохходового клапана	k_{vs}	$\frac{м^3}{год}$	2,5	
Гідравлічний опір трьохходового клапана	$\Delta P_{кл}$	МПа	0,046	

3.9 Система комплексного очищення води

У сучасному світі важко бути повністю впевненим у якості водопровідної води. Забезпечення чистої та безпечної води в квартирах потребує особливої уваги. Для цього використовуються спеціальні системи очищення води, розроблені з урахуванням потреб користувачів та якості вихідної води.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		71

Системи очищення води в квартирі включають фільтри, призначені для видалення основних забруднень, таких як пісок, іржа та осад, що також допомагає запобігти пошкодженню сантехніки та побутової техніки.

У багатьох міських системах водопостачання додається хлор для дезінфекції води. Тому системи фільтрації можуть включати фільтри для видалення хлору та хлорорганічних сполук, що покращує смак і запах води.

Деякі системи використовують технологію зворотного осмосу для видалення різноманітних забруднень. Бактерії, віруси, важкі метали та інші домішки видаляються за допомогою мембран, що забезпечує високий рівень очищення води. Очищення води в квартирі є необхідною умовою для забезпечення якості питної та побутової води.

За розрахунками теплової схеми, витрати води на підживлення системи дорівнює $G_{\text{вит}} = 0,0018 \text{ кг/с}$. Тепер можемо знайти витрату води необхідну для хімводопідготовки, враховуючи коефіцієнт на потреби даної установки $k_{\text{хвп}} = 1,15$. Тоді:

$$G_{\text{хвп}} = 0,0018 \cdot 1,15 = 0,0021 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

За даними розрахунками і результатами аналізу води вибрано систему комплексного очищення води від компанії Ecosoft, що включає фільтр комплексного очищення (3.15 а), фільтр видалення сірководню (3.15 б) і фільтр зворотного осмосу з мінералізатором (3.15 в).

Системи фільтрації Ecosoft здатні працювати автономно. Вони оснащені керуючим клапаном, який контролює роботу системи під час очищення та регенерації. Сучасні керуючі клапани мають РК-дисплей з багатомовним меню та нічним підсвічуванням. Ефективна система керування забезпечує низьке споживання води під час промивання і високу якість очищення [19].

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		72



Рисунок 3.15 – Системи фільтрації Ecosoft

3.10 Висновки до розділу 3

У даному розділі представлено принципову тепломеханічну схему котельні приватного будинку, виконано її розрахунок. Також здійснено розрахунки основного і допоміжного обладнання. За результатами підібрано:

- два теплових насоси «повітря - вода» фірми Vaillant, aroTHERM VWL 105/5 AS;
- газовий конденсаційний котел ecoTEC plus VU 25CS/1-5 (N-INT2), фірми Vaillant;
- ємнісний водонагрівач непрямого нагріву для комбінації з тепловими насосами VIH RW 300/3 BR (Vaillant);
- буферні ємності для теплових насосів VPS R 200/1 B і VPS R 100/1 M (Vaillant);
- розширювальний бак системи опалення Flexcon 50 л, розширювальний бак для систем водопостачання Airfix A 25, 25 л (Flamco);
- насосна група пряма MeiFlow TOP S UC Ду25, насосна група змішувальна MeiFlow TOP S MC Ду25 (Meibes);
- система комплексного очищення води Ecosoft.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		73

4 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

4.1 Система «теплої підлоги»

4.1.1 Загальні поняття про систему «теплої підлоги»

«Тепла підлога» – це спосіб опалення, в якому підлоговий простір між підлогою та покриттям заповнений мережею міні-трубопроводів, через які протікає нагріта рідина для передачі теплоти [20].

Система теплої підлоги має перевагу над радіаторним опаленням завдяки однаковому розподілу теплого повітря внизу приміщення. Оскільки люди відчують себе зручніше при прохолодному повітрі на рівні голови та теплому біля ніг, водяна тепла підлога створює систему рівномірного розподілу температур повітря. Це дозволяє знизити середню температуру в приміщенні на 1-2 градуси, зберігаючи відчуття комфорту. Наприклад, якщо для людини комфортною є температура 20-22°C при радіаторній системі опалення, то з водяною підлогою комфорт буде відчуватися при температурі 18-20°C. Зниження температури на 2°C призводить до 8-12% економії тепла в системах центрального тепlopостачання або від індивідуальних котлів.

Також система «теплої підлоги» розглядається в двох варіантах:

1) система «комфортної» підлоги (комбінована система), де радіаторна (конвекторна) система опалення відшкодовує частину втрат тепла в приміщенні, забезпечуючи швидке прогрівання за потреби, а підлога забезпечує комфорт;

2) система «підлогового» опалення, де система «теплої підлоги» повністю забезпечує приміщення необхідною кількістю теплоти.

Економічно доцільне використання системи опалення підлоги в приміщеннях з втратами тепла до 65 Вт/м², але не більше 75-85 Вт/м². Тому необхідно розглядати питання заздалегідь про обмеження теплових втрат застосуванням теплоізоляційних матеріалів. Також слід пам'ятати про

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		74

обмеження санітарними нормами максимальної температури поверхні підлоги (табл. 4.1) [21].

Таблиця 4.1 Максимально допустима температура поверхні підлоги

Тип приміщення	Значення температури, °С
Житлові приміщення	26
Дитячі садочки	25
Офіси	26
Приміщення з тимчасовим перебуванням людей	29
Ванні кімнати	33
Зони при вікнах	35

Оптимальна температура знаходиться у діапазоні від 24 до 26°C, що відповідає вимогам санітарних норм для житлових приміщень і не перевищує 28°C. Температура теплоносія в системах з водяним підігрівом підлоги не повинна перевищувати 45°C, а різниця температур між прямим і зворотним потоками в системі опалення повинна залишатися на рівні 5–10°C [20].

Існують такі різновиди систем водяного теплового підлогового обігріву (ВТП) [22]:

- ВТП з бетонною основою;
- ВТП без бетонного покриття;
- модульна ВТП на основі деревини.

Бетонна система є найпоширенішою серед усіх водяних теплих підлог на сьогоднішній день, оскільки є найбільш простою у встановленні. Ця система покрита бетонною стяжкою і складається з трубопроводів (діаметром 12, 16, 17, 20 мм), через які протікає теплоносій. Бетонна стяжка ефективно розподіляє теплоту і забезпечує однакове та приємне його випромінювання у приміщення. Перевагами бетонної системи водяної теплої підлоги є [22]:

- 1) її встановлення практично з будь-яким типом підлогового покриття;
- 2) рівномірний розподіл нагрітих потоків повітря дозволяє

застосовувати менші температури для нагріву рідини всередині системи;

3) основна частина тепла передається методом випромінювання, що робить обігрів приміщення більш комфортним;

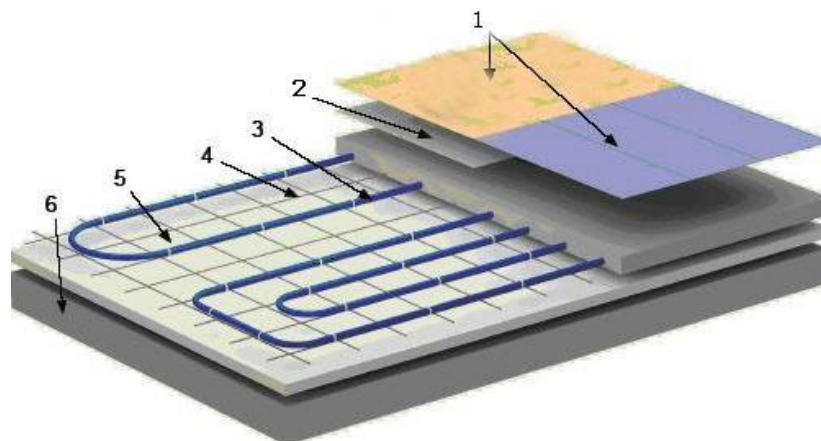
4) в житлових будівлях спостерігається значна економія енергоресурсів, особливо у високих приміщеннях;

5) звільняється додатковий простір в приміщенні у випадку коли ця система може повністю замінити радіаторний обігрів;

6) рівномірне обігрівання підлоги ванної кімнати мінімізує вологість, запобігаючи утворенню грибка;

7) трубопровідна конструкція має тривалий термін експлуатації, зазвичай визначений терміном служби трубопроводів.

На рис. 4.1 зображена конструкція бетонної системи водяного теплового підлогового обігріву.



1 – чистове покриття (наприклад, плитка, паркет чи ламінат),
2 - підкладка (спінений поліетилен і т.п.), 3 – тепла трубка, 4 – сітка арматурна, 5 – утеплювач (теплоізоляція), 6 – підлогова основа

Рисунок 4.1 – Конструкція бетонної системи підлогового опалення

По периметру приміщень перед заливанням бетонної стяжки вкладається демпферна стрічка, яка використовується для компенсації теплового розширення бетону. Також цю стрічку рекомендується використовувати як компенсаційний шов кожні 10 метрів при укладанні бетонної стяжки на великих площах. Після монтажу петель заповнюється

змонтована система теплопостачання та проводяться гідравлічні випробування, після чого заливається бетон. Товщина стяжки повинна бути не менше 50 мм. На бетонну стяжку укладається основне («чистове») покриття підлоги, яке має значний вплив на вибір температури теплоносія через різницю у теплопровідності використовуваних матеріалів. Труби кріпляться до арматурної сітки за допомогою пластикових хомутів/скобів (рекомендується 2-3 шт на кожен погонний метр труби) [22].

Конструкцію «теплої підлоги» 1 і 2 поверхів будинку у даному проекті можна побачити на рис. 4.2.

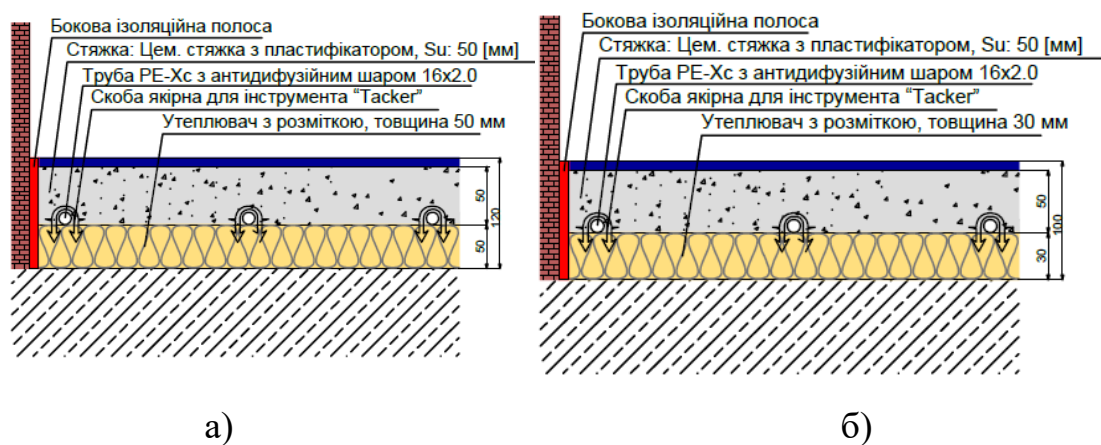


Рисунок 4.2 – Конструкція «теплої підлоги» а) – 1 поверху, б) – 2 поверху

Можливі джерела теплоти для підключення теплої підлоги:

- звичайна котельня;
- котел з конденсаційною системою;
- тепловий насос;
- альтернативні джерела.

Теплонасосна установка (ТНУ) є найкращим і найефективнішим варіантом для поєднання з системою підлогового опалення [20].

Кожна петля теплової труби не має з'єднань, бо починається і закінчується в розподільному колекторі. Зазвичай, при зведенні системи опалення встановлюється спеціальна колекторна шафа, до якої підключаються трубопроводи від центрального опалення житла. У цій шафі також

розміщуються регулюючі компоненти. Таким чином, якщо потрібно відокремити приміщення від загальної системи опалення будинку, це можна зробити без відключення цілої системи [22].

Одні з колекторів, на які підключені трубопроводи «теплої підлоги», що знаходяться на об'єкті, зображено на рис. 4.3. Також можна побачити частину вбудованої у стіну колекторну шафу. Схему колекторної шафи зображено на рис. 4.4.



Рисунок 4.3 – Колектори «теплої підлоги»

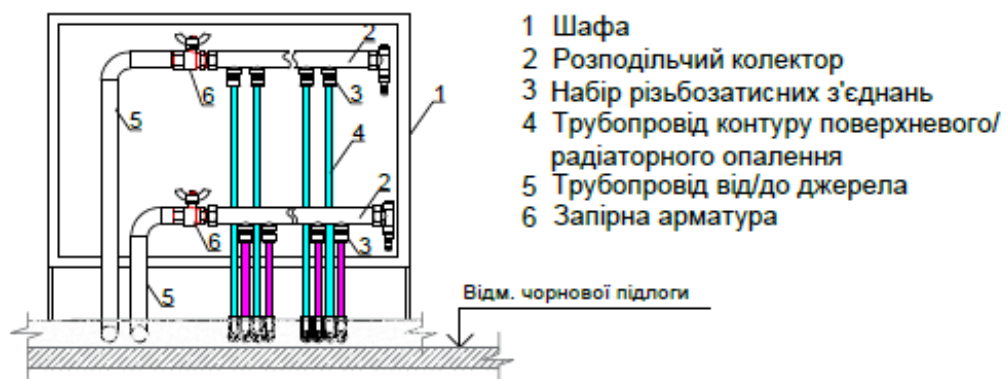


Рисунок 4.4 Схема шафи з розподільчим колектором

4.1.2 Контури системи «теплої підлоги»

У гріючому контурі виділяють такі способи укладання труб: зигзагоподібний і з подвійною проводкою. На рис. 4.5а зображений зигзагоподібний спосіб, а на рис. 4.5б - спосіб з подвійною проводкою (равлик). Більш рівномірним розподілом температури на поверхні підлоги

характеризується контур «равлик». Найбільші тепловтрати зазвичай біля зовнішніх стін приміщень, тому цілком доцільно ближче до них зменшувати крок укладання труб (рис. 4.5в) або використовувати окремий контур для обігріву (рис. 4.5г) [23]. Також існує спосіб укладання «теплої підлоги» під назвою «змієвик» та його різні варіації (рис. 4.5д) [22].

Рекомендовано, щоб крок укладання труб (відстань між сусідніми трубами гріючого контуру) становила від 100 до 350 мм. Також кроку укладання труб має дорівнювати відстань до труб «теплої підлоги» від зовнішніх стін. Максимальна довжина трубопроводу контуру повинна бути обмежена 100 метрами, і зазвичай один контур опалює площу підлоги від 20 до 40 квадратних метрів, де максимальний розмір сторони складає 8 метрів. Для нагрівання просторів великих розмірів використовують кілька контурів «теплої підлоги» [23].

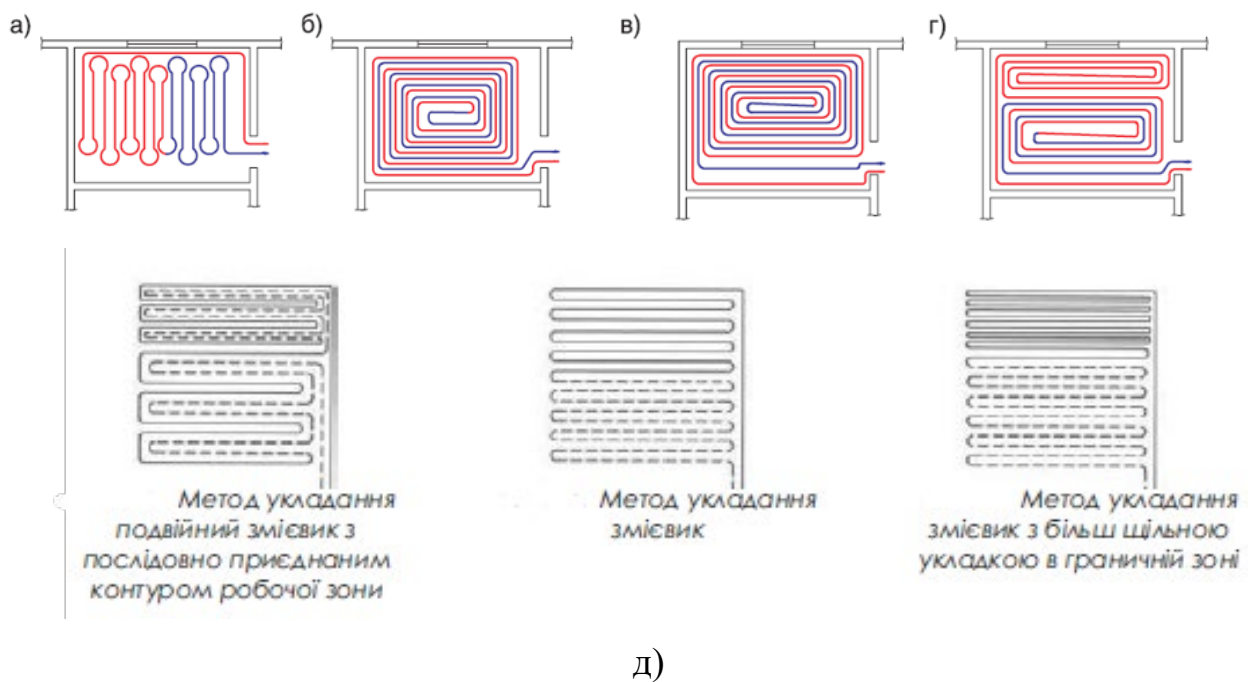


Рисунок 4.5 – Способи укладання «теплої підлоги»

4.1.3 Розрахунок системи «теплої підлоги»

Щоб знайти необхідний потік тепла з одного квадратного метра площі, Вт/м², використаю формулу [21]

$$q_{\text{тп}} = \frac{Q_{\text{тп}}}{F_{\text{тп}}}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{тп}}$ – теплові втрати приміщень, Вт;

$F_{\text{тп}}$ – площа приміщень.

Система «теплої підлоги» розміщена на 1 і 2 поверхах будинку у всіх приміщеннях, тому їх площі представлено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 Площі приміщень будинку з «теплою підлогою»

№	Назва приміщення	Площа $F_{\text{пр}}$, м ²
1 поверх		
1	Тамбур	6,93
2	Коридор	11,09
3	Гардероб	8,59
4	Кабінет	23,40
5	Санвузол	6,11
6	Вітальня	60,05
7	Кухня	33,20
8	Кладова	7,99
9	Кладова	7,23
10	Пральня	15,53
11	Гараж	40,30
2 поверх		
12	Коридор	18,24
13	Спальня господарів	27,56
14	Гардеробна	7,29
15	Санвузол	12,16
16	Санвузол	8,49
17	Спальня	15,38
18	Спальня	15,46
19	Спальня	19,54
	Загальна площа	344,54

Теплові втрати приміщень $Q_{\text{тп}} = Q_{\text{втр}} = 23290$ Вт.

Тоді за формулою (4.1)

$$q_{\text{тп}} = \frac{23290}{344,54} = 67,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Тепер знаходжу тепловтрати кожного приміщення за формулою:

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		80

$$Q_{\text{пр}} = q_{\text{тп}} \cdot F_{\text{пр}} \quad (4.2)$$

Результати розрахунку наведено у табл. 4.3

Таблиця 4.3 Результати розрахунку тепловтрат приміщень будинку

№	Назва приміщення	Тепловтрати $Q_{\text{пр}}$, Вт
1	2	3
1 поверх		
1	Тамбур	468,47
2	Коридор	749,69
3	Гардероб	580,68
4	Кабінет	1581,84
5	Санвузол	413,04
6	Вітальня	4059,38
7	Кухня	2244,32
8	Кладова	540,12
9	Кладова	488,75
10	Пральня	1049,83
11	Гараж	2724,28
2 поверх		
12	Коридор	1233,02
13	Спальня господарів	1863,06
14	Гардеробна	492,81
15	Санвузол	822,02
16	Санвузол	573,95
17	Спальня 1	1039,69
18	Спальня 2	1045,10
19	Спальня 3	1320,90

Щоб знайти крок прокладання труб «теплої підлоги», м, скористаюся таблицями з [21]. Для знаходження довжини труб кожного з контурів використаю формулу [21]

$$L_{\text{тр}} = \frac{F_{\text{пр}}}{b} \quad (4.3)$$

Де $F_{\text{пр}}$ – площа приміщення, м²;

b – крок прокладання труб, м.

Температура поверхні підлоги знаходиться за формулою [21]

$$t_{\text{п}} = \frac{q_{\text{тп}}}{11,2} + t_{\text{пр}}, \quad (4.4)$$

де $q_{\text{тп}}$ – потік тепла з одного квадратного метра площі кожного приміщення, Вт/м²;

$t_{\text{пр}}$ – температура в приміщенні.

Обов'язково перевірити, щоб температура не перевищувала допустиму температуру поверхні підлоги (29 °C).

На першому поверсі будинку покриття у всіх приміщеннях – керамічна плитка, на другому поверсі у всіх приміщеннях крім санвузлів – паркет, а у санвузлах – керамічна плитка. Тип покриття необхідно врахувати при виборі кроку труб. Для паркету виставляється максимальна температура поверхні підлоги – 27 °C.

Середню температуру приміщень приймаю 22 °C. Температура в гаражі дорівнює 12 °C.

Тому, температура поверхні підлоги з керамічною плиткою:

$$t_{\text{п1}} = \frac{67,6}{11,2} + 22 = 28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для підлоги з покриттям – паркет:

$$t_{\text{п2}} = \frac{37,7}{11,2} + 22 = 25,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Отже, розраховані температури поверхні підлоги не перевищують максимально допустимі.

Усі інші результати розрахунків розміщено у табл. 4.4.

За рекомендаціями, довжина контуру не повинна перевищувати 100 м, тому у приміщеннях, де це відбувається, «теплу підлогу» ділимо на декілька контурів. Також у гаражі ближче до дверей, де теплові втрати більші, зменшуємо крок прокладання труб з 200 мм до 150 мм.

На першому поверсі розміщено 2 колектори для системи «теплої підлоги» на 8 і 11 контурів. До першого колектора під'єднано трубки з

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		82

приміщень: кухня, коридор, кладова і вітальня. До другого колектора – тамбур, гардероб, спальня господарів, кабінет, санвузол, кладова, гараж, пральня.

Таблиця 4.4 Результати розрахунку кроку прокладання, довжини труби і температури підлоги

№	Назва приміщення	Покриття	Крок прокла - дання, м	Довжина труби, м	Кількість контурів	Темпера - тура поверхні підлоги, °C
1	2	3	4	5	6	7
1 поверх						
1	Тамбур	Керам. плитка	0,10	69,3	1	28,0
2	Коридор	Керам. плитка	0,15	73,9	1	
3	Гардероб	Керам. плитка	0,15	57,3	1	28,0
4	Кабінет	Керам. плитка	0,15	78,0+78,0	2	
5	Санвузол	Керам. плитка	0,10	61,1	1	
6	Вітальня	Керам. плитка	0,15	73,3+73,3+73,3+73,3	4	
7	Кухня	Керам. плитка	0,15	91,5+91,5+91,5	3	
8	Кладова	Керам. плитка	0,10	79,9	1	
9	Кладова	Керам. плитка	0,15	72,3	1	
10	Пральня	Керам. плитка	0,15	96,4	1	
11	Гараж	Керам. плитка	0,20/ 0,15	96,3+96,3+96,3	3	
2 поверх						
12	Коридор	Паркет	0,15	66,7	1	25,4
13	Спальня господарів	Паркет	0,15	61,3+61,3+61,3	3	25,4
14	Гардеробна	Паркет	0,15	48,6	1	
15	Санвузол	Керам. плитка	0,10	95,3	1	28,0
16	Санвузол	Керам. плитка	0,10	57,4	1	
17	Спальня 1	Паркет	0,15	51,3+51,3	2	25,4
18	Спальня 2	Паркет	0,15	51,6+51,6	2	
19	Спальня 3	Паркет	0,15	65,3+65,3	2	

На другому поверсі також розміщено 2 колектори на 6 і 7 контурів. До першого колектора під'єднано трубки з приміщень: спальня господарів, коридор, спальня №3. До другого колектора відповідно – гардеробна, два санвузли, спальня №1 і спальня №2.

Усі контури «теплої підлоги» укладаються схемою «равлик», лише санвузол на другому поверсі «змієвиком».

Щоб уникнути утворення повітряних заторів у трубі і забезпечити виходження повітряних бульбашок з неї, необхідно щоб мінімальна швидкість руху теплоносія складала не менше 0,15 – 0,20 м/с. Також потрібно враховувати, щоб опір потоку не перевищував 20 - 25 кПа при визначенні максимальної довжини гріючого кільця контуру [17].

Витрата теплоносія, кг/с, визначається за формулою [21]

$$m_t = \frac{1,1 \cdot Q_{\text{пр}}}{c(t_{\text{под}} - t_{\text{зв}})}, \quad (4.5)$$

де c - питома теплоємність води, 4190 Дж/(кг·°C);

$t_{\text{под}}$ – температура подачі у системі ($t_{\text{под}} = 40$ °C);

$t_{\text{зв}}$ – температура води на виході ($t_{\text{зв}} = 32$ °C).

За отриманими значеннями витрати теплоносія потрібно розрахувати швидкість руху води в трубах, м/с, за формулою

$$w_t = \frac{m_t}{\rho \cdot f}, \quad (4.6)$$

де ρ – густина води, кг/м³ (приймаю $\rho = 1000$ кг/м³);

f – площа поперечного перетину труби, м², яка розраховується за формулою

$$f_t = \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4}. \quad (4.7)$$

Оскільки трубопроводи підлогового опалення у даному проекті виконано з багатошарових труб із зшитого поліетилену Ø16x2,0, то площа поперечного перерізу такої труби дорівнюватиме:

$$f_t = \frac{\pi \cdot (0,016 - 2 \cdot 0,002)^2}{4} = 0,000113 \text{ м}^2.$$

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		84

Для визначення втрат тиску в кожному нагрівальному контурі, Па використовується формула [21]

$$\Delta p_k = L_{\text{тр}} \cdot R_{\text{п}}, \quad (4.8)$$

де $R_{\text{п}}$ – опір потоку на одиницю довжини, Па/м.

Одиничний опір потоку рідини знаходжу згідно таблиці [21], враховуючи поправковий коефіцієнт K_T , що для середньої температури потоку в системі (35°C) дорівнює $K_T = 1,38$.

Усі результати розрахунків для 1 поверху показано у табл. 4.5, а для 2 поверху – у табл. 4.6.

За результатами видно, що швидкість потоків не є меншою за $0,15 \text{ м/с}$ і втрати тиску у контурах не перевищують 20 кПа . Розміщення контурів «теплої підлоги» для 1 поверху показано на рис. 4.6, а для 2 поверху – на рис. 4.7.

Таблиця 4.5 Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи «теплої підлоги» 1 поверху

Позначення контуру	Приміщення	Тепловтрати $Q_{\text{пр}}$, Вт	Витрата тепло-носія m_t , кг/с	Швидкість руху теплоносія, w_t , м/с	Одиничний опір потоку рідини, $R_{\text{п}}$, Па/м	Втрати тиску, Δp_k , Па
1	2	3	4	5	6	7
Колектор на 8 виходів						
6_а	Вітальня	901,3	0,030	0,26	80,0	5866,9
6_б	Вітальня	901,3	0,030	0,26	80,0	5866,9
6_в	Вітальня	901,3	0,030	0,26	80,0	5866,9
7_а	Вітальня	748,1	0,025	0,22	62,1	5682,2
7_б	Кухня	748,4	0,025	0,22	62,1	5682,2
7_в	Кухня	748,1	0,025	0,22	62,1	5682,2
7_г	Кухня	748,1	0,025	0,22	62,1	5682,2
8	Кладова	540,2	0,018	0,16	40,0	3197,6

Продовження таблиці 4.5

1	2	3	4	5	6	7
Колектор на 11 виходів						
1	Тамбур	528,7	0,017	0,15	37,3	2582,1
3	Гардероб	580,7	0,019	0,17	41,4	2372,2
4_a	Кабінет	790,9	0,026	0,23	69,0	5382,0
4_б	Кабінет	790,9	0,026	0,23	69,0	5382,0
5	Санвузол	513,03	0,017	0,15	35,9	2192,3
7_д	Коридор	749,7	0,025	0,22	62,1	4961,8
9	Кладова	588,8	0,019	0,17	41,5	3000,5
10	Пральня	1049,8	0,034	0,30	128,3	12372,0
11_a	Гараж	908,1	0,030	0,26	81,0	7800,3
11_б	Гараж	908,1	0,030	0,26	81,0	7800,3
11_в	Гараж	908,1	0,030	0,26	81,0	7800,3

Таблиця 4.6 Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи «теплої підлоги» 2 поверху

Позначення контуру	Приміщення	Тепловтрати $Q_{пр}$, Вт	Витрата теплоносія m_t , кг/с	Швидкість руху теплоносія, w_t , м/с	Одиничний опір потоку рідини, $R_{п}$, Па/м	Втрати тиску, Δp_k , Па
1	2	3	4	5	6	7
Колектор на 6 виходів						
12	Коридор	1233,1	0,040	0,36	138,0	9204,6
13_a	Спальня господарів	621,0	0,020	0,18	45,5	2791,6
13_б	Спальня господарів	621,0	0,020	0,18	45,5	2791,6
13_в	Спальня господарів	621,0	0,020	0,18	45,5	2791,6
19_a	Спальня №3	660,5	0,022	0,19	48,3	3154,0
19_б	Спальня №3	660,5	0,022	0,19	48,3	3154,0

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5	6	7
Колектор на 7 виходів						
14	Гардероб	522,9	0,017	0,15	35,9	1743,8
15	Санвузол	508,6	0,017	0,15	34,5	3287,9
16	Санвузол	573,9	0,019	0,17	40,0	2297,1
17_а	Спальня №1	519,8	0,017	0,15	35,9	1840,6
17_б	Спальня №1	519,8	0,017	0,15	35,9	1840,6
18_а	Спальня №2	522,6	0,017	0,15	40,7	2100,6
18_б	Спальня №2	522,6	0,017	0,15	40,7	2100,6

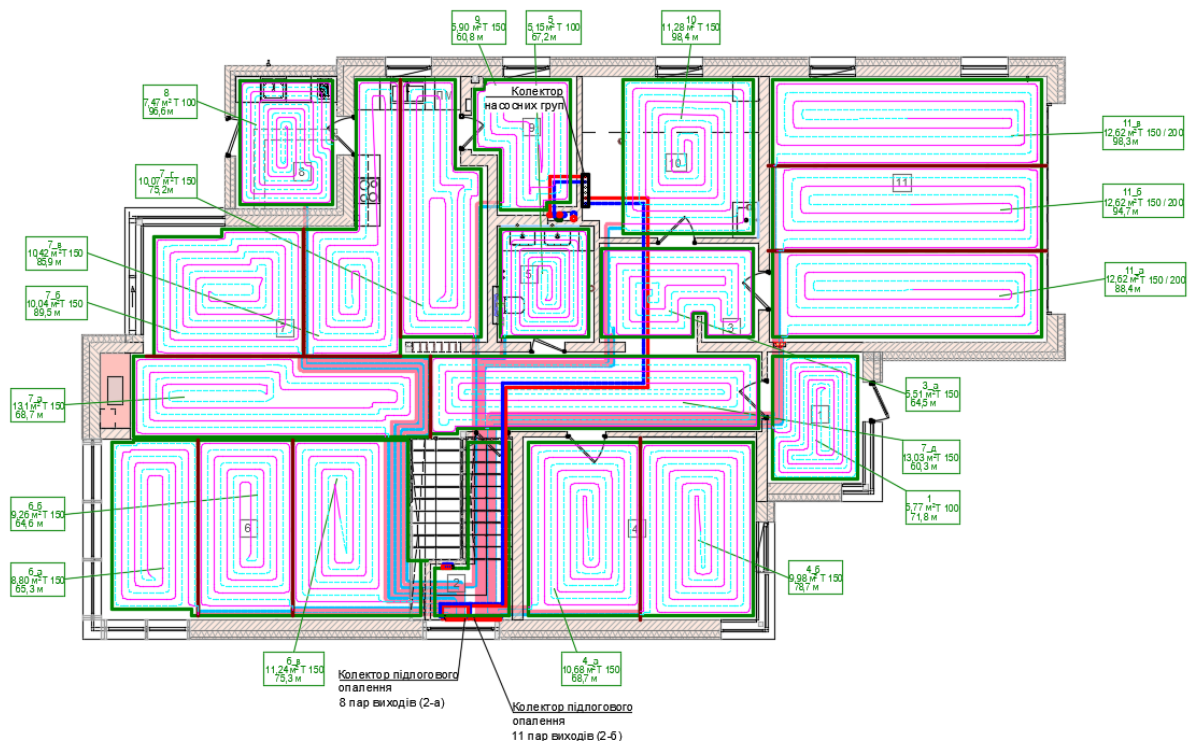


Рисунок 4.6 – План системи підлогового опалення 1 поверху

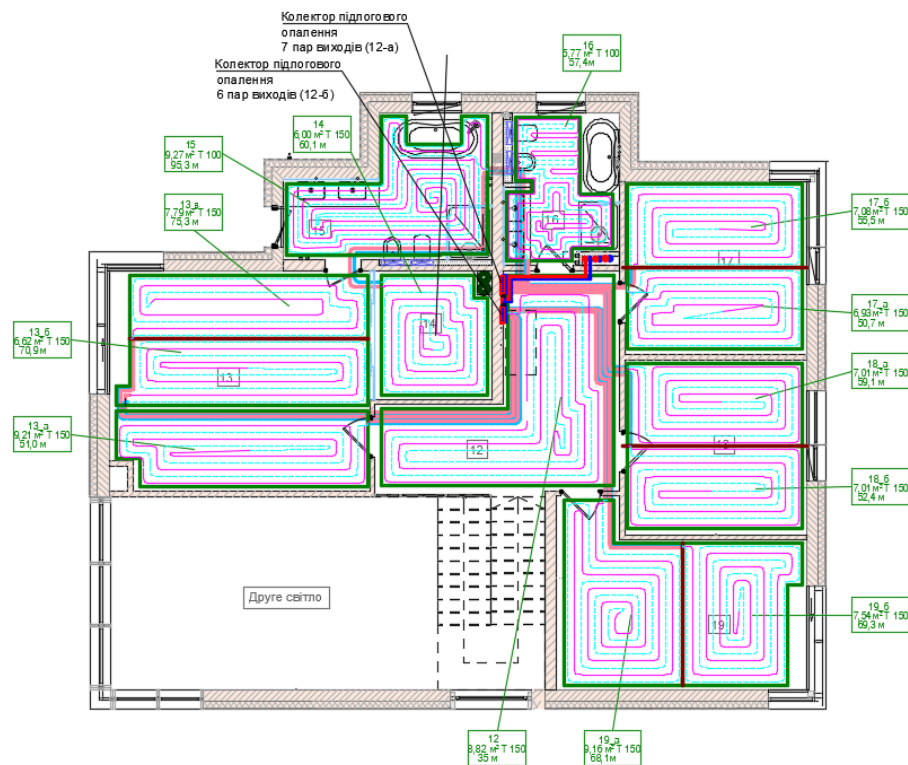


Рисунок 4.7 – План системи підлогового опалення 2 поверху

4.2 Система радіаторного опалення

4.2.1 Поняття та види радіаторів

У багатьох випадках, задля комфорту споживачів крім «теплої підлоги» додатково встановлюють радіатори. Оскільки температура підлогового опалення не може бути дуже високою, тому і потужність системи не є великою. Цієї потужності може бути недостатньо для приміщень з високою стелею, великими вікнами чи значними тепловтратами.

Радіатор – це пристрій для передачі теплоти в повітря шляхом випромінювання та конвекції, який виступає в ролі повітряного теплообмінника. Гаряча рідина тече через труби та нагріває секції радіатора, які потім віддають тепло в навколишнє середовище.

Радіатори класифікуються за матеріалом виготовлення на такі типи [22]: сталеві; алюмінієві; біметалеві (виготовлені зі сталі та алюмінію); чавунні.

Найбільш поширеними серед власників приватних будинків є сталеві радіатори. Це через те, що вони відносно недорогі і мають кращу тепловіддачу

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		88

порівняно з алюмінієвими радіаторами. За теплопровідністю сталь займає проміжне місце між чавуном і алюмінієм. Для виготовлення радіаторів використовуються матеріали, стійкі до корозії, проте коли система не заповнена водою, в неї потрапляє повітря, що може спричинити корозію. Завдяки великій поверхні теплообміну сталеві радіатори приблизно в 7 разів економічніші за чавунні, що забезпечує їм постійний попит. При належному догляді та своєчасному ремонті ці обігрівальні прилади можуть прослужити протягом довгого часу.

У свою чергу, сталеві радіатори поділяються на [22]: панельні; трубчасті, пластинчасті (конвектори).

Панельні радіатори конструктивно є опалювальними приладами реєстрового типу (рис. 4.8), що мають горизонтальні колектори вгорі та внизу кожної панелі, з'єднані вертикальними каналами-колонками. Вони випускаються в широкому діапазоні розмірів і теплових потужностей, з 1 до 3 гладкими або оребреними панелями на корпусі. Існує два типи таких радіаторів: традиційні профільні радіатори з бічним розташуванням сполучних патрубків до труб системи опалення та радіатори з вбудованим (або без нього) термостатом у верхньому колекторі і патрубками для нижнього підключення трубопроводів. Максимальний робочий тиск панельних радіаторів становить 10 бар [24].



Рисунок 4.8 – Сталевий радіатор, панельний

До переваг панельних радіаторів належить [22]:

- невелика вага, завдяки якій їх можна встановлювати самостійно, не потрібні потужні кронштейни. Також стіни можуть бути зроблені не тільки з бетону або цегли, але й з дерева чи іншого облицювального матеріалу;
- легке керування температурою теплоносія в панельних радіаторах завдяки низькій тепловій інерційності цих приладів.

До недоліків відносять:

- панельні радіатори розраховані на низький тиск, тому вони чутливі до гідроударів;
- схильність до корозії на внутрішній поверхні панелей;
- гігієнічність, між панелями накопичується пил та павутина і дуже важко дістатися до цього бруду.

З усього вищесказаного можна зробити висновок, що панельні радіатори доцільно встановлювати в приватних будинках, при цьому слід дбати про якість теплоносія.

Розрізняють декілька типів панельних радіаторів, серед яких: тип 10, 11, 20, 21, 22, 30 і 33. Вони розрізняються за кількістю панелей і за тим, чи є ребрення (рис. 4.9). Усі ці фактори впливають на теплопередачу.

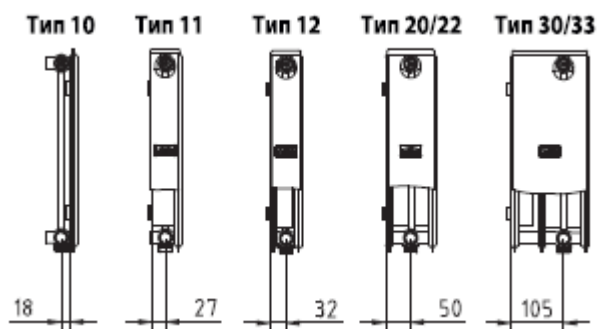


Рисунок 4.9 – Деякі типи панельних радіаторів

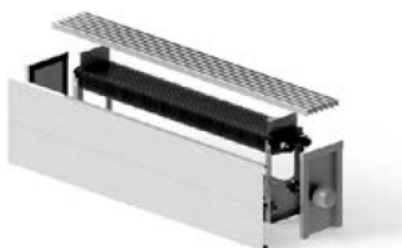
Серед даних типів радіаторів найбільш популярним є 22 тип, який відзначається значною потужністю і компактним дизайном, що робить його вибором багатьох користувачів [22].

Конвектор – це опалювальний прилад, що розповсюджує тепло (90-95%) в приміщення шляхом конвекції від теплоносія або нагрівального елемента [24]. Конвектори бувають [22]:

- вбудовуванні в підлогу (рис. 4.10 а);
- підлогові (рис. 4.10 б);
- плінтусні (рис. 4.10 в).
-



а



б



в

Рисунок 4.10 – Види конвекторів

Перевагами конвекторів є [22]:

- висока надійність у запобіганні проривам та протіканням;
- навіть при нагріванні до високих температур, обпектися ними неможливо, оскільки поверхня конвектора захищена кожухом, температура якого не перевищує 40 градусів;
- оптимальне рішення вбудувати підлоговий конвектор у випадку панорамних вікон, вітрин, скляних фасадів, що часто зустрічаються у сучасному дизайні та ускладнює використання стандартних систем водяного опалення;
- конвектори добре підходять для високих приміщень, оскільки формують спеціальну теплову стіну, яка спрямовує тепле повітря вгору, піднімаючи його на значну висоту;
- наявність терморегуляторів, що дозволяє автоматично регулювати температуру в конвекторах.

Також конвекторам притаманні деякі недоліки, серед яких:

- сильний вертикальний потік нагрітого повітря, що створюється конвектором, має і негативні сторони для опалювального процесу, оскільки це може призвести до нерівномірного прогріву приміщення по всій його висоті;
- з часом тепловіддача конвектора може зменшуватися через накопичення пилу на його поверхні, а процес очищення пластин є важким;
- можливість електрохімічної корозії елементів при наявності міді у деяких моделях конвекторів.

4.2.2 Вибір елементів системи радіаторного опалення

У даному проєкті є великі вікна, так зване «друге світло», тому рекомендовано під ними вбудувати внутрішньопідлогові конвектори (рис. 4.11 а). Біля вікна, що у кабінеті встановити дизайнерський радіатор (рис. 4.11 б). На другому поверсі у спальнях 1 і 2 встановити панельні радіатори, а біля вікон у спальні господарів і спальні № 3 – внутрішньопідлогові конвектори.



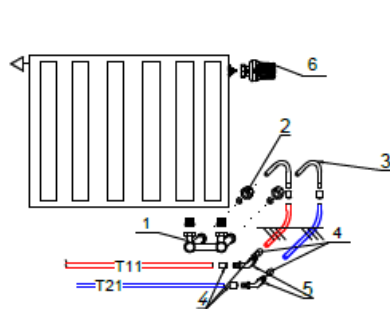
а



б

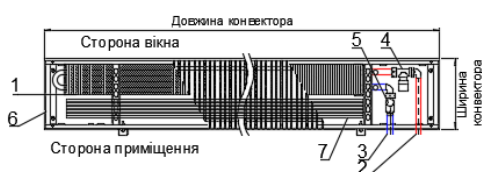
Рисунок 4.11 – Внутрішньопідлоговий конвектор і дизайн - радіатор
Irsap Arpa_23 h

Схеми підключення радіаторів зображено на рис. 4.12, а підключення конвекторів – на рис. 4.13.



1. Н- подібний вузол нижнього підключення;
2. Обжимна гайка 15х3/4";
3. Г-подібна нікельована трубка;
4. Насувна гільза;
5. Коліно 90°;
6. Термостатична головка

Рис. 4.12 – Схема підключення радіаторів



1. Теплообмінник конвектора (підключати так, щоб теплообмінник був зі сторони вікна)
2. Подаючий трубопровід, 16х2.0
3. Зворотній трубопровід, 16х2.0
4. Запірний вентиль подаючої лінії
5. Запірний вентиль зворотньої лінії
6. Корпус конвектора
7. Вентилятор

Рисунок 4.13 – Схема підключення конвекторів

Необхідні розрахунки для підбору радіаторів і конвекторів виконані у програмі Instal-Therm. Радіатори обираю компанії Irsap (Two Plain, тип 12, 22), схема їх підключення показана на рис. 4.14, конвектори – Cooltherm. Схема системи радіаторного опалення першого поверху показана на рис. 4.15, а другого поверху – на рис. 4.16.

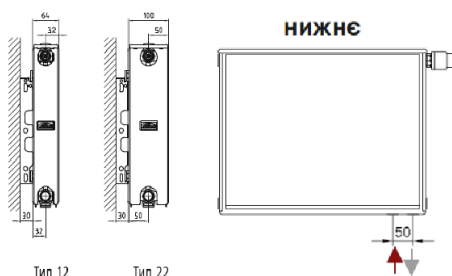


Рисунок 4.14 – Схема підключення радіатора Two-Plan

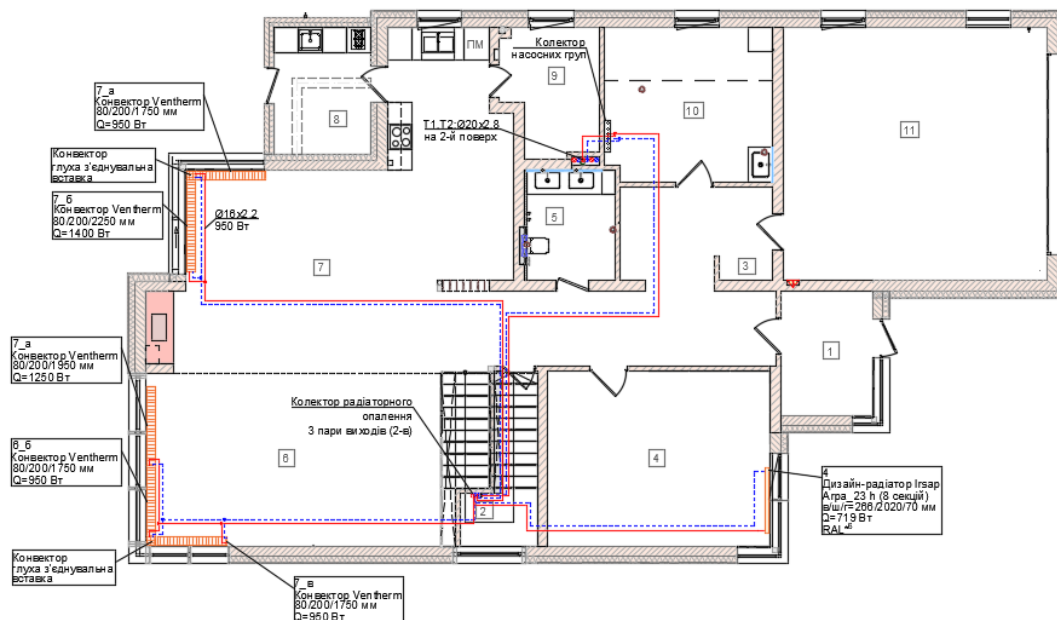


Рисунок 4.15 – Схема радіаторного опалення 1 поверху

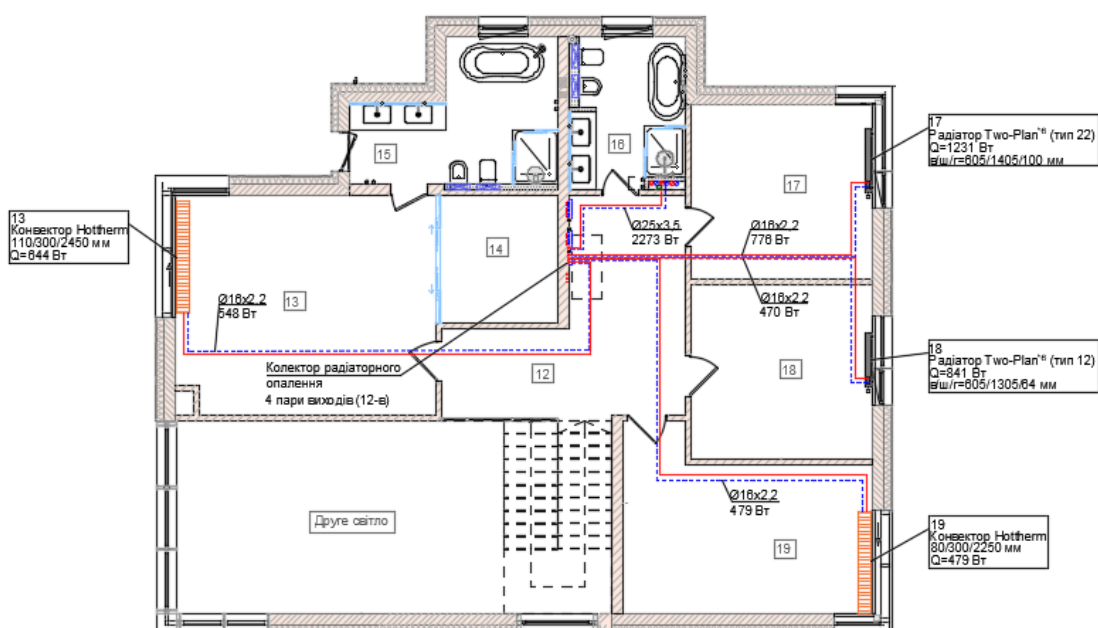


Рисунок 4.16 – Схема радіаторного опалення 2 поверху

4.3 Висновки до розділу 4

У даному розділі описаний принцип роботи підлогового і радіаторного опалення, визначено їх переваги і недоліки. Виконано розрахунки для системи «теплої підлоги», а саме:

- розподіл по контурах;
- визначено крок укладання труб;
- розрахунок необхідного потоку тепла з одного квадратного метра площі приміщень;
- встановлені максимально допустимі температури нагріву поверхні підлоги;
- знайдені довжини труб кожного з контурів;
- визначені швидкості теплоносія у трубопроводах;
- розраховані втрати тиску у контурах.

За допомогою програми Instal-Therm, за необхідними потужностями підібрано радіатори і конвектори у приміщення, де це є найбільш раціонально.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		95

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є важливою складовою будь-якої галузі, зокрема у сфері розробки систем теплопостачання. Задовільний стан охорони праці є ключовим соціальним чинником, який впливає на політичну стабільність та економічне благополуччя суспільства. Недостатня увага до охорони праці може спричинити накопичення негативної напруги в суспільстві, а також призвести до серйозних економічних втрат і соціально-економічних проблем для працюючих та їх сімей. Трагедії, пов'язані з травмуванням, каліцтвом або загибеллю людини, створюють протиріччя між суспільно-корисним характером праці та особистою трагедією, що впливає на родини та близьких.

Предметом проектування є теплонасосна система теплопостачання будинку за адресою с. Віта-Поштова Київської області. Основним джерелом теплопостачання є каскад теплових насосів «повітря-вода», що забезпечують ефективне опалення та гаряче водопостачання будинку. Газовий конденсаційний котел використовується як додаткове джерело тепла. Обладнання розміщене у будинку в окремому приміщенні. Будинок площею 386 м² має два поверхи, гараж з теплою підлогою, але без підвалу і горища. Основні конструктивні елементи будинку включають цегляні стіни, монолітні залізобетонні та дерев'яні перекриття, скатну покрівлю з металу, а також вікна і двері з алюмінію з потрійним склопакетом.

В розділі охорони праці будуть розглянуті питання забезпечення безпечної експлуатації системи теплопостачання. Особлива увага приділятиметься процесу монтажу і обслуговування обладнання, дотриманню гігієнічних норм та виробничої санітарії, питанням електробезпеки та пожежної безпеки. Важливо забезпечити належні умови праці для всіх працівників, залучених до експлуатації та обслуговування системи, з метою мінімізації ризиків виробничого травматизму та професійних захворювань.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		96

5.1 Технічні рішення та організаційні заходи щодо безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Заходи по забезпеченню безпечної експлуатації системи теплопостачання

Дані заходи займають центральне місце у плануванні та впровадженні будь-якої теплової системи. Для забезпечення контролю над її роботою та збереження безпеки умов експлуатації впроваджено ряд ключових принципів та заходів:

1) Для автоматизації роботи теплових насосів і котла використано сучасні системи автоматичного контролю і управління, що дозволяє мінімізувати вплив людського фактору згідно ДСТУ EN 61508-1:2016 "Функціональна безпека електричних/електронних/програмованих електронних систем, пов'язаних з безпекою". Для забезпечення усіх необхідних функцій у проекті передбачено використання в залежності від погоди регулятора для опалювального обладнання з шиною eBus з сенсорним керуванням sensoCOMFORT VRC 720, комутаційний модуль для з'єднання arOTHERM / eloBlock в каскад і змішувальні модулі також від фірми Vaillant.

2) Обладнання розміщується з урахуванням зручності обслуговування та доступу до нього. Важливим аспектом є забезпечення безпеки працівників при виконанні ремонтних та профілактичних робіт. Дані заходи будуть реалізовані відповідно до вимог ДБН В.2.5-77:2014 "Опалення, вентиляція та кондиціювання".

3) Для забезпечення довговічності та надійності обладнання, мінімізації ризиків аварійних ситуацій, конструкція котлоагрегату повинна відповідати сучасним вимогам безпеки, бути стійкою до корозії та забезпечувати надійну роботу протягом усього терміну експлуатації. Використання сертифікованих матеріалів і конструкцій дозволяє підвищити рівень безпеки. Усі ці вимоги (ДСТУ Б В.2.6-198:2014 "Будівельні конструкції. Сталеві конструкції. Загальні вимоги до проектування і монтажу") дотримані

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		97

у розробці обладнання Vaillant і Meibes, що використовуються у даному проекті.

4) Впровадження ефективних систем охолодження, теплоізоляції та вентиляції для запобігання перегріву обладнання. Це включає використання сучасних матеріалів і технологій, що забезпечують ефективне відведення тепла згідно вимог ДСТУ Б В.2.5-39:2008 "«Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. ДБН В.2.5-39:2008. Зі зміною №1»":

- Встановлено повітровипускні клапани в найвищих точках системи тепlopостачання і дренажні шарові крани в найнижчих точках системи опалення;
- Під час монтажу всі труби були ізольовані відповідно до вимог [25] за допомогою ізоляції від фірми K-flex.
- Обладнання, трубопроводи та арматура були промарковані відповідно до схеми, напрямок руху теплоносія було позначено на трубопроводах.
- Труби було прокладено таким чином, щоб уникнути механічних і термічних пошкоджень.
- Для введення в експлуатацію системи після монтажу було проведено технічне випробування на рівномірність прогріву опалювальних приладів та на гідравлічну міцність.

5.1.2 Технічні рішення з електробезпеки

Для теплонасосної системи тепlopостачання будинку розглядається електромережа з глухо заземленою нейтраллю. Величина робочої напруги в електромережі становить 220 В.

Згідно з категоріями електроприймачів за їх надійністю електропостачання, дана система будинку відноситься до II категорії. Це означає, що перерва в електропостачанні допускається лише на час автоматичного ввімкнення резервного джерела живлення.

В електромережі використовується система захисного заземлення TN-S, яка забезпечує електричне з'єднання корпусів ЕУ з нейтраллю електромережі

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
							98
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

за допомогою окремого захисного «РЕ»-провідника, що відповідає вимогам ПУЕ-2017.

Категорія умов праці для робочого приміщення щодо небезпеки електротравматизму визначена як приміщення з підвищеною небезпекою. Це пов'язано з можливістю підвищеної вологості, наявністю струмопровідного пилу та можливістю одночасного контакту обслуговуючого персоналу з електропровідними частинами корпусів ЕУ та до металоконструкцій будівлі та технологічного обладнання, що мають контакт із землею.

Технічні рішення щодо запобігання електротравм:

1. Запобігання електротравм від контакту із струмовідними елементами.

Для запобігання контакту персоналу з нормально струмовідними елементами устаткування передбачено:

- Ізоляція струмовідних елементів електроустаткування з опором ізоляції не менше 1 кОм на 1 В напруги.
- Розміщення струмовідних елементів на недосяжній висоті або в недосяжних місцях.
- Використання захисних блокувань, що забезпечують вимкнення напруги при відкриванні корпусів електрообладнання.
- Застосування засобів орієнтації в електроустаткуванні (написи, таблички, попереджувальні знаки).
- Використання низьких напруг (12 В) у стаціонарній мережі розеток для переносного електричного освітлення.

2. Запобігання електротравм при переході напруги на електропровідні елементи.

Для запобігання електротравм при переході напруги на електропровідні елементи устаткування використовуються такі заходи:

- Захисне заземлення (система TN-S);
- Захисне вимкнення: використання пристроїв захисного відключення (диференційні автомати струмового захисту, реле витоку).

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		99

3. Електрозахисні засоби

Для забезпечення електробезпеки використовуються такі електрозахисні засоби:

- Використання індивідуальних засобів захисту (ізолюючі рукавиці, килимки, взуття).
- Застосування автоматичних вимикачів і плавких запобіжників, які спрацьовують при короткому замиканні або перевантаженні.

Зазначені технічні рішення забезпечують безпечну експлуатацію теплонасосної системи тепlopостачання будинку, відповідаючи чинним нормативним вимогам ДСТУ 7237:2011 "Електробезпека. Електроустановки і електрообладнання. Загальні вимоги та правила", ДСТУ EN 61140:2016 (EN 61140:2016, IDT) "Захист від ураження електричним струмом. Спільні аспекти для установок і обладнання" та ПУЕ-2017.

5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат робочої зони

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, параметри мікроклімату, що нормуються, включають:

- температуру повітря (t , °C);
- відносну вологість (W , %);
- швидкість руху повітря (V , м/с);
- потужність теплових випромінювань ($Вт/м^2$).

Оптимальні (допустимі) параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (категорія робіт та період року), відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, наведені в таблиці 5.1.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		100

Таблиця 5.1 Параметри мікроклімату відповідно до ДСН 3.3.6.042-99

Період року	Параметр	Оптимальні значення	Допустимі значення
Теплий	Температура (°C)	22-24	20-26
	Відносна вологість, %	40-60	30-70
	Швидкість повітря, м/с	0,1-0,2	0,1-0,5
Холодний	Температура (°C)	20-22	18-24
	Відносна вологість, %	30-50	25-60
	Швидкість повітря, м/с	0,1-0,2	0,1-0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1) Встановлення сучасної вентиляційної системи, яка забезпечує необхідний обмін повітря для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату [26].

2) У випадках, коли необхідно швидко реагувати на зміну умов, використовуються локальні обігрівачі та охолоджувачі повітря, що забезпечують підтримання оптимальної температури в окремих робочих зонах [25].

3) Система автоматичного контролю забезпечує безперервний моніторинг температури, вологості та швидкості руху повітря [26].

4) Для зниження теплових випромінювань і забезпечення стабільної температури в робочих приміщеннях використовуються теплоізоляційні матеріали, що зменшують потужність теплових випромінювань [25].

5) Регулярне прибирання і підтримання чистоти в приміщеннях допомагає знизити рівень пилу і забезпечує оптимальні умови мікроклімату [25].

5.2.3 Виробниче освітлення

Щодо освітлення приміщень, можна використовувати загальне освітлення або комбіноване освітлення. При використанні штучного освітлення слід враховувати різні фактори, що впливають на зорові умови праці, такі як розпізнавання об'єктів, рівень зорових робіт та контрастність об'єкту порівняно з фоном освітлення. Нормативні вимоги до штучного освітлення включають освітленість, рівень блисків або дискомфорту, а також коефіцієнт пульсації освітленості. Згідно з ДБН В2.5-28-2018, робота в приміщенні теплонасосної системи відноситься до IV категорії зорових робіт, тому рекомендована освітленість у будь-якій точці такого приміщення має бути близько 300 лк.

Для забезпечення нормативного значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) передбачено виконання наступних заходів згідно з ДБН В.2.5-28-2018:

- оптимальне розташування вікон та світлових прорізів для максимального використання природного світла в приміщенні.
- Встановлення систем додаткового розсіювання світла для зменшення різкості тіней та рівномірного освітлення робочих зон.
- Використання світлопрозорих матеріалів у конструкціях даху та стін для підвищення проникання природного світла у приміщення.
- Встановлення систем автоматизованого регулювання жалюзів або ролетів для контролю рівня освітленості відповідно до зміни зовнішнього світла.
- Впровадження систем контролю та моніторингу якості природного освітлення для забезпечення його відповідності нормам та стандартам.

5.2.4 Захист від виробничого шуму і вібрацій

Джерелами шуму і вібрації в умовах, що розглядаються в проекті, є внутрішні блоки теплового насосу, газовий котел, насосні групи і інші обладнання котельні. Можливі параметри вібрацій, виходячи із вібраційних характеристик відповідного технологічного обладнання, знаходяться в межах:

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		102

0.1 - 10 м/с² для віброприскорення та 0.1 - 1 м/с для віброшвидкості. Параметри вібрацій не повинні перевищувати по віброшвидкості 2 м/с та віброприскоренню 5 м/с², а рівень віброшвидкості не повинен перевищувати 80 дБ.

Для забезпечення допустимих параметрів виробничого шуму і вібрацій згідно ДСН 3.3.6.042-99 в робочих приміщеннях проектом передбачено :

- Проведення акустичного аналізу та визначення рівня шуму у робочих приміщеннях для встановлення необхідних заходів.
- Вибір обладнання з низьким рівнем шуму.
- Використання спеціальних опор з віброізоляторами під вентиляційне, насосне та холодильне обладнання.
- Обладнання оснащене шумовим захистом у вигляді ізольованих кожухів.
- Швидкість руху теплоносія забезпечується нормою, яка не викликає шуму під час руху в трубопроводах.

5.3 Пожежна безпека

У випадку системи опалення пожежонебезпечними матеріалами можуть бути електроізоляція та теплоізоляція системи. Дане приміщення котельні згідно з нормативними документами ДСТУ Б.В.1.136:2016, класифікується як категорія "Д", а робочі зони, згідно з НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила улаштування електроустановок споживачів», мають за пожежонебезпекою клас П-Па.

5.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Для запобігання пожежі у котельні будинку чи у самому будинку впроваджуються такі заходи:

- Встановлення автоматичних систем контролю та вимірювання температури, тиску та інших параметрів системи опалення для виявлення можливих аномалій та аварійних ситуацій.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		103

- Регулярне обслуговування та інспекція обладнання з метою вчасного виявлення та усунення можливих проблем, які можуть спричинити пожежу.
- Установка димових і теплових датчиків, які можуть автоматично спрацювати при виявленні диму або підвищеної температури і активувати систему автоматичної пожежної сигналізації.
- Забезпечення належного вентиляційного обладнання та системи димовидалення для швидкого виведення продуктів горіння у разі виникнення пожежі.

5.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Дані рішення включають:

- Використання у разі виникнення пожежі ручних вогнегасників і їх розміщення на легко доступних місцях. Згідно з вимогами стандарту ДСТУ 3675-98 "Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань", в приміщенні має бути наявний один переносний вуглекислотний вогнегасник типу ВВ-8 (1 шт.). Цей вогнегасник призначений для швидкого та ефективного загасання початкових пожеж та пожеж класу «Е» - електроустаткування під напругою.
- Згідно вимог ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту» необхідне встановлення автоматичної пожежної сигналізації, що сприяє своєчасному виявленню та реагуванню на пожежні небезпеки.
- Забезпечення належного освітлення та шляхів евакуації в разі пожежі, включаючи встановлення аварійного освітлення та вивісок з виходами.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		104

5.4 Висновки до розділу 5

Цей розділ містить технічні рішення та організаційні заходи, що стосуються:

- безпеки експлуатації запланованої системи тепlopостачання;
- гігієни праці та виробничої санітарії;
- пожежної безпеки та санітарії.

Ці заходи спрямовані на забезпечення охорони праці та безпеки під час аварійних ситуацій під час експлуатації системи опалення.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		105

ВИСНОВКИ

Даний бакалаврський дипломний проект розглядає практичну реалізацію систем опалення та подачі гарячої води для житлового будинку, що знаходиться у с. Віта- Поштова, Київської області. Проект охоплює різноманітні теплотехнічні розрахунки та технічні рішення, що будуть спрямовані на розробку та реалізацію високоефективних інженерних систем для будинку. Враховуються сучасні стандарти енергозбереження, автоматизації та охорони праці, що забезпечуватиме надійну та продуктивну експлуатацію низькопотенціальних систем.

У дипломному проекті було проведено наступний обсяг робіт:

- 1) визначено тепловтрати будинку, враховуючи втрати через зовнішні огорожувальні конструкції та на нагрів інфільтраційного повітря;
- 2) визначено побутові надходження теплоти;
- 3) зроблено розрахунок середніх та річних витрат теплоти на опалення;
- 4) виконано розрахунок теплових навантажень для системи гарячого водопостачання;
- 5) розроблено і розраховано принципову тепломеханічну схему котельні для індивідуального будинку;
- 6) розраховано і підібрано основне і допоміжне обладнання котельні, а саме: теплові насоси типу «повітря -вода», газовий конденсаційний котел, бойлер непрямого нагріву, розширювальні баки системи опалення і ГВП, теплоаккумулятори для робити на тепло і на холод, насосні групи і система комплексного очищення води;
- 7) впроваджено систему «теплої підлоги», зроблено розрахунок її основних параметрів;
- 8) підібрано панельні радіатори і внутрішньопідлогові конвектори;
- 9) у розділі охорони праці, розглянуто основні аспекти, що включають гігієну праці персоналу та заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях, які можуть виникати при експлуатації обладнання.

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		106

При розробці даного проекту були враховані вимоги різних керівних та нормативних документів, серед яких:

- ДБНВ.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування";
- ДСТУ-НБВ.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія";
- ДБН В.2.5-39:2008 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі";
- ДБН В.1.2-7:2021 "Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека";
- ДСНЗ.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

						КП.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		107

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Альтернативні джерела енергії. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://soncedim.com.ua/blog/alternativni-dzherela-energiyi>.
2. Альтернативні джерела енергії. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://pivdenenergozbut.com.ua/public/alternativni-dzherela-energiy/>.
3. Хилько М.І. Екологічна безпека України: Навчальний посібник. К., 2017. 267 с.
4. С. В. Бойченко. Альтернативні енергоресурси. Вступ до спеціальності: навчальний посібник / С. В. Бойченко, А. В. Яковлева, О. О. Вовк, Казимир Лейда, С. Й. Шаманський; за заг. редакцією С. В. Бойченка. — К.: НАУ, 2021. — 397 с.
5. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. — Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. — 392 с.
6. Безродний М. К., Притула Н. О. Енергоефективність теплонасосних схем теплопостачання. Монографія. К: НТУУ «КПІ». 2012. 208 с.
7. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року. Чинний від 2007-04-01. К.: Мінбуд України, 2006. 70 с.
8. Теплові навантаження споживачів. Теплова схема котельні. Розрахункова робота з освітнього компонента «Джерела теплопостачання та споживачі теплоти» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій» спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; укладач: М. Ф. Боженко. — Електронні текстові дані (1 файл: 2.75 Мбайт). — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. — 68 с.
9. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 — [Чинний від 2011-11-01]. / Мінрегіонбуд України. — К.: Укрархбудінформ, 2011. — 123 с. — (Національний стандарт України).

						КПІ.ДПБ.24.144.42.ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		108

10. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель [Електронний ресурс] – Режим доступу: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт).– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с.
11. Боженко М.Ф. Водогрійні котельні для систем децентралізованого та помірно-централізованого теплопостачання [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 170 с.
12. ТЕСЕ. Офіційний веб-сайт підприємства [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.tece.com/ua>.
13. ДБН В.2.5-64:2012 «ВНУТРІШНІЙ ВОДОПРОВІД ТА КАНАЛІЗАЦІЯ. ЧАСТИНА І. ПРОЄКТУВАННЯ. ЧАСТИНА ІІ. БУДІВНИЦТВО». Чинні від 2013 – 03 - 01. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 122 с.
14. Матеріали для проектування arOTHERM. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.vaillant.ua/partneram/designing-ua/materialy-po-proektirovaniu/>.
15. Termico. Розрахунок теплоаккумулятора для теплового насоса. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://termico.com.ua/raschet-teploakkumulyatora-lya-teplovoda-nasosa/>.
16. Ariston market. Бойлери непрямого нагріву: що це і як вони працюють. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ariston-market.com.ua/ua/boylery-kosvennogo-nagreva-hto-eto-i-kak-oni-rabotayut>.
17. Aqua-life. бойлер непрямого нагріву - все, що потрібно знати. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://aqua-life.ua/ua/boylery-kosvennogo-nagreva-vse-hto-nuzhno-znat/>.
18. Алабовский О.М. Проектирование котельных промышленных предприятий: курсовое проектирование с элементами САПР: навч. посібник для

- студентів вузів із спец. «Промислова теплотехніка» / О.М.Алабовський, М.Ф.Боженко, Ю.В.Хоренженко. – Київ : Вища школа, 1992. – 207 с.
19. Ecosoft. Системи очищення води. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ecosoft.ua/ua/filtratsionnye-sistemy/>.
 20. Куделя П.П. Низькоексергетичні опалювальні системи / П.П.Куделя, А.С. Соломаха. – К.:НТУУ «КПІ», 2015. – 153 с.: іл. – Бібліогр.: с.149-153.
 21. Система «теплого пола» GILIUS: техн. посіб. Riga, 2003. – 19 с.
 22. Глушко Ю. Ю. Опалення : навч. посіб. Київ : Ресурс. центр ГУРТ, 2019. 133 с.
 23. Покотилов В. Системы водяного отопления. Вена: собственное издательство, 2008. 161 с.
 24. Любарець О. П. Зайцев О. М. Любарець В. О. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ : посібник для проектувальників, інженерів і студентів техніч. ВНЗ. Відень - Київ – Сімферополь, 2010. 201 с.
 25. ДБН В.2.6-31:2016 «ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ БУДІВЕЛЬ». Чинний від 2017 -05-01. – Київ: Мінрегіон України, 2017. – 31 с.
 26. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Чинний від 1999-12-01. – Київ: Міністерство охорони здоров'я, 1999. – 10 с.