

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: Інженерних систем та екології

Кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: «магістр за ОПП»

Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: Теплогазопостачання та вентиляції

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету

д.т.н., проф. Приймак О.В.

“ \_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

### **З А В Д А Н Н Я**

#### **НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Сімшаг Едуард Володимирович

1. Тема роботи Сучасні інженерні системи життєзабезпечення житлового будинку котеджного типу в селі Лісники Київської області  
затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_\_\_\_ від « \_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року
2. Керівник роботи  
доцент, к.т.н. Чепурна Наталія Володимирівна
3. Строк подання студентом роботи до захисту 30.11.2024
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
  - Р.1. Аналіз існуючих інженерних рішень житлових будинків.
  - Р.2. Проектування та розрахунок інженерних систем індивідуального будинку.
  - Р.3. Аналіз енергоефективності інженерних систем житлового будинку.
  - Р.4. Автоматизація.
  - Р.5. Енергоефективність індивідуального будинку.
  - Р.6. Охорона праці та навколишнього середовища.
5. Графічний матеріал за розділами
  - Р.1. Порівняння інженерних систем (графіки, діаграми).
  - Р.2. Система конвекторного опалення та система «тепла підлога». План на відмітці -3,840, на відмітці 0,000. Аксонометричні схеми

Р.2. Система конвекторного опалення та система «тепла підлога». План на відмітці 4,480, на відмітці 8,800. Аксонометричні схеми

Р.2. Система вентиляції, кондиціонування та холодопостачання. План на відмітці-3,840, на відмітці 0,000.

Р.2. Система вентиляції, кондиціонування та холодопостачання. План на відмітці 4,480, на відмітці 8,800. Аксонометричні схеми систем холодного та гарячого водопостачання

Р.2. Теплопостачання. Вузол регулювання теплообмінника системи ПВ1

Р.4. Автоматизація. Функціональна схема управління припливної установки.

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Аналіз існуючих інженерних рішень житлових будинків	Вересень 2024
Розділ 2. Проектування та розрахунок інженерних систем індивідуального будинку	Вересень 2024
Розділ 3. Аналіз енергоефективності інженерних систем житлового будинку	Вересень 2024
Розділ 4. Автоматизація	Жовтень 2024
Розділ 5. Енергоефективність індивідуального будинку	Жовтень 2024
Розділ 6. Охорона праці та навколишнього середовища	Жовтень 2024
Остаточне оформлення роботи	Жовтень 2024
Направлення роботи для перевірки на плагіат	Листопад 2024
Попередній захист роботи на кафедрі	Листопад 2024
Направлення роботи на рецензування	Листопад 2024

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 4	ас.Соболевська Т.Г.		
Розділ 6	доц.Клімова І.В.		

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав. кафедри

Кириченко М.А.

\_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник

Чепурна Н.А.

\_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Здобувач

Сімшаг Е.В

\_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології  
(факультет)

Теплотехніки  
(назва випускової кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Сучасні інженерні системи життєзабезпечення житлового будинку  
котеджного типу в селі Лісники Київської області  
(назва)

Виконав Сімшаг Едуард Володимирович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

192 Будівництво та цивільна інженерія  
(спеціальність)

Теплогазопостачання та вентиляція  
(освітня програма)

Група ТВм-23-1

Керівник Чепурна Н.В.  
(прізвище та ініціали)

доцент, к.т.н.  
(вчене звання, науковий ступінь)

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА ЕКОЛОГІЇ

Кафедра теплотехніки

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

Сучасні інженерні системи життєзабезпечення житлового будинку  
котеджного типу в селі Лісники Київської області

СІМШАГ ЕДУАРД ВОЛОДИМИРОВИЧ

Київ – 2024 р.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1.</b> Аналіз існуючих інженерних рішень житлових будинків.....	9
1.1. Системи опалення житлового будинку.....	10
1.2. Система вентиляції та кондиціонування повітря.....	19
1.3. Джерела енергії для теплохолодопостачання житлового будинку.....	24
Висновки до розділу 1.....	30
<b>РОЗДІЛ 2.</b> Проектування та розрахунок інженерних систем індивідуального будинку.....	31
2.1. Система опалення.....	32
2.2.1. Теплотехнічний розрахунок потужності системи опалення.....	34
2.1.2. Гідравлічний розрахунок системи опалення.....	51
2.1.3. Підбір опалювальних приладів.....	54
2.2. Система вентиляції та кондиціонування повітря .....	66
2.2.1. Аеродинамічний розрахунок.....	72
2.2.2. Підбір обладнання.....	74
2.2.3. Визначення кратності та розрахунок основних параметрів повітря .....	90
<b>РОЗДІЛ 3.</b> Аналіз енергоефективності інженерних систем житлового будинку.....	91
3.1. Визначення енергоефективності існуючої систем.....	92
3.2. Заходи для покращення енергоефективності систем.....	95
3.3. Оцінка впровадження нових технологій.....	97
3.4. Порівняння із світовими стандартами.....	99
<b>РОЗДІЛ 4.</b> Автоматизація.....	100
4.1. Загальні положення.....	101
4.2. Основні характеристики.....	103
<b>РОЗДІЛ 5.</b> Енергоефективність індивідуального будинку.....	106

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<b>РОЗДІЛ 6. Охорона праці та навколишнього середовища.....</b>	<b>116</b>
6.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на період будівництва.....	117
6.2. Заходи профілактики виявлених факторів в інших розділах проекту.....	118
6.3. Розробка інженерних рішень щодо охорони праці.....	122
 СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	 125
 ДОДАТКИ.....	 129

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

В сучасному світі питання енергоефективності та збереження природних ресурсів стає все більш актуальним. Особливу увагу слід звертати на використання енергозберігаючих технологій при створенні комфортних умов в житлових приміщеннях, особливо в індивідуальних будинках.

Перш за все, важливо розуміти, що енергозберігаючі технології дозволяють значно зменшити витрати електроенергії, газу та інших ресурсів, що використовуються для опалення, освітлення та вентиляції будинку. Зокрема, встановлення енергоефективних вікон, утеплення стін та покрівлі, використання сонячних колекторів або теплових насосів дозволяє знизити споживання енергії на опалення взимку та охолодження влітку.

Крім того, енергозберігаючі технології сприяють покращенню якості повітря в приміщенні, оскільки зменшують кількість шкідливих викидів в атмосферу. Це надзвичайно важливо для забезпечення здоров'я мешканців будинку.

Загалом, використання енергозберігаючих технологій може не лише зменшити витрати на комунальні послуги, а й сприяти збереженню навколишнього середовища. Тому, при плануванні будівництва чи реконструкції індивідуального будинку, необхідно враховувати важливість використання енергозберігаючих технологій для створення комфортних умов для проживання.

Метою даної кваліфікаційної роботи є проаналізувати та запроектувати сучасні системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та теплохолодопостачання житлового будинку з використанням сучасного обладнання для цих систем, враховуючи важливість енергозберігаючих технологій при створенні комфортних умов в житлових приміщеннях в індивідуальному будинку.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вихідні дані для проектування

Будівля – індивідуальний будинок котеджного типу.

Місце будівництва – с. Лісники Києво-Святошинського району.

Джерела інженерного забезпечення: теплопостачання – від індивідуальної топкової.

Розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення – 22<sup>0</sup>С.

Тривалість опалювального періоду 187 діб.

Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період – 1,1<sup>0</sup>С.

Параметри зовнішнього повітря, прийняті по параметрам Б:

А. Для теплого періоду: 28,7 °С.

Б. Для холодного періоду: -22 °С.

Температурний графік в тепловій мережі – 90-70 °С.

Зона вологості – Н. [1]

Для індивідуального будинку котеджного типу джерелом водопостачання служить міська водопровідна магістраль діаметром 100 мм. Відвід стічної води індивідуального будинку котеджного типу здійснюється у каналізаційний колектор діаметром 500 м. Дворова мережа каналізації прокладена із керамічних каналізаційних труб і чавунних водогазопровідних труб.

### Тривалість утримання температур зовнішнього повітря

Місто	Кількість годин з температурою в даному інтервалі									
	Кількість годин з температурою нижче за дану									
	-35	-30	-30...-25	-25...-20	-20...-15	-15...-10	-10...-5	-5...0	0...+5	+5...+8
с.Лісники	1	4	31	130	336	627	1225	1480	654	
	1	5	36	166	502	1129	2354	3834	4488	

Місто	Зона вологості	Температура найхолоднішої доби тзовн.1, С	Температура найхолоднішої п'ятиденки тзовн.5, С	Опалювальний сезон		Кількість градусо-днів So.c, гр.-днів	Кліматична зона
				Середня температура to.c, С	Тривалість Zo.c, діб		
с.Лісники	Н	-26	-22	-1,1	187	3572	I

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1.  
Аналіз існуючих інженерних рішень  
житлових будинків

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.1. Системи опалення житлового будинку

Для індивідуального житлового будинку застосовують різні варіанти систем опалення [2]:

1. Газове опалення: найпоширеніша система опалення, яка працює з використанням газового котла, який нагріває воду, що циркулює по радіаторам або підлоговому опаленню.

2. Електричне опалення: ця система використовується для обігріву будинку за допомогою електричних радіаторів або систем підлогового обігріву.

3. Сонячні колектори: ця екологічно чиста система використовує сонячну енергію для обігріву води або повітря в будинку.

4. Опалення з використанням твердого палива (дрова): цей варіант використовує дрова або біопаливо для опалення будинку. Дров'яні котли або каміни можуть бути ефективним вибором для тих, хто шукає більш традиційний підхід.

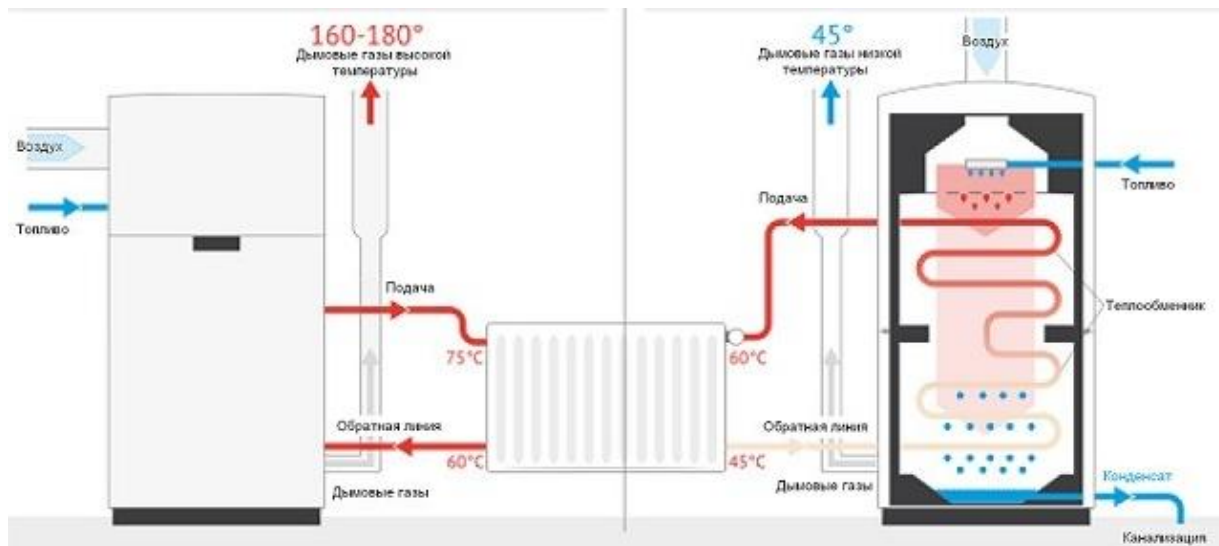
### Газове опалення

Газові конденсаційні котли є найбільш економічною альтернативою порівняно з іншими типами газових котлів. Їхня перевага - ККД близький до 100% через використання ефекту конденсації.

Висока ефективність конденсаційних котлів досягається за рахунок використання температури димових газів, що відводяться, як додаткове джерело тепла. У звичайних котлах тепло, що у вихлопних газах випускається через димохід назовні.

У конденсаційних котлах встановлений другий теплообмінник, на поверхні якого конденсується вода. Теплий газ, який не був використаний в головному теплообміннику, використовується в другому теплообміннику, де з його допомогою нагрівається вода, що вже встигла охолотитися зі зворотної лінії. При цьому конденсат, що утворюється, виводиться за допомогою дренажної труби в каналізацію.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Звичайний котел

Конденсаційний котел

Ефективність роботи конденсаційного котла залежить від температури зворотної лінії опалення. Для того щоб конденсаційний котел працював з високим ККД, температура у зворотній лінії (звороті) системи опалення повинна бути нижчою за 40°C. За цієї температури утворюється конденсат. Якщо температура більша, конденсат не утворюється і котел працює як традиційний.

Коли будете новий будинок, необхідно виконати проект системи опалення виходячи з температурного режиму хоча б 70/50°C. Виходячи з цих параметрів і підбираються радіатори та діаметри труб. Конденсаційний котел добре працює у зв'язці з водяним опаленням підлоги, тому що температурний режим теплої підлоги якраз і становить 55 ° С-40 ° С (подача-обратка).

Також в житлових будинках використовують газові котли, підлогові чи настінні. Настінні бувають одноконтурними (тільки опалення) і двоконтурними (опалення + проточний теплообмінник для приготування гарячої води).

Настінні газові котли компактніші і естетичніші і можуть бути встановлені в різних місцях — кухня, передпокій, комора тощо — де простір обмежений. Одноконтурні котли можуть додатково комплектуватися ємнісним бойлером для приготування гарячої води.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Але найчастіше використовується двоконтурний настінний газовий котел із проточним теплообмінником для приготування гарячої води.

Підлогові газові котли дорожчі, вони вимагають додатковий простір для встановлення - зазвичай це окреме приміщення - котельня, якщо потрібна гаряча вода, то необхідна установка ємнісного бойлера, об'ємом - від 200 до 500 л (залежно від кількості людей). Для котла підлоги необхідний вертикальний димовий канал всередині або зовні будівлі.

Основні переваги:

- Менш чутливі до якості води в системі опалення, порівняно з настінними котлами.
- Котли з конструкцією топок, що працюють з вентиляторним пальником, можуть працювати на різних видах палива (газ, дизельне паливо, пелети).
- Довший термін експлуатації чавунних топок - близько 50 років (у настінних близько 10 років).

### **Електричне опалення**

Для ефективного функціонування системи опалення будинку потрібно враховувати всі фактори: яка вхідна потужність для будинку, його площа, а також взяти до уваги, як часто присутні збої в електромережі і чи взагалі присутні. Необхідно відзначити, що електричне опалення з використанням електродка не раціонально встановлювати в будинках з великою площею. В основному вони підходять для котеджів, площа яких не перевищує 150 м<sup>2</sup>.

Переваги електричного опалення

Електричний котел може виконувати дві функції: нагрів води для гарячого водопостачання та забезпечення будівлі теплом (система опалення).

Електродка може забезпечити подачею тепла додаткові джерела. Це може бути:

- тепла підлога;
- радіатор;
- внутрішньопідлоговий конвектор.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Альтернативою є використання повітряного теплового насоса. Тепловий насос "повітря-вода", вважається найбільш енергоефективним обладнанням, порівняно з електричним котлом.



Рис.1. Тепловий насос

На відміну від електродкотла, який може працювати на опалення та нагрівання води для гарячого водопостачання, повітряний тепловий насос може виконувати ще й функцію охолодження будинку.

Додатковим обладнанням для швидкої генерації холоду або тепла для теплового насоса «повітря-вода» є такі агрегати:

1. фанкойли;
2. радіатори;
3. внутріпольні конвектори.

Електричне опалення в парі з тепловим насосом або електричним котлом передбачає використання системи теплої підлоги, яка вважається незамінною в забезпеченні тепла замського будинку.

Для оптимальної роботи системи опалення необхідно влаштовувати насосні групи, для конвекторів та радіаторів які забезпечать подачу т/н вищої температури, а для теплої підлоги низькотемпературною т/н, щоб температура на поверхні підлоги залишалася в діапазоні +24-26°C.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Сонячні колектори

З кожним роком все більше людей розглядають колектори в якості додаткового джерела енергії для житлових будівель.

Завдання колектора — «увібрати» в себе певну частку цього випромінювання і перетворити його в придатну для людських потреб енергію.

При цьому важливо відрізнити: сонячне випромінювання може бути перетворено в 2 види енергії — теплову і електричну.

- Сонячні колектори застосовуються для отримання тепла і нагрівання води. Вони нагрівають воду яка використовується для ГВП та опалення будівлі.

- Сонячні фотоелектричні модулі застосовуються для вироблення електроенергії. Вони мають зовсім інший принцип дії.

Існує також комбінована технологія, при використанні панелей, які одночасно виробляють електричну і теплову енергію.

Переваги сонячних колекторів для опалення будинку:

- Економія газу за рахунок того, що влітку сонячні колектори здатні повністю закрити потребу будівлі в гарячій воді. У міжсезоння — навесні і восени, колектора знижують навантаження на газовий котел, що в кінцевому підсумку скорочує споживання газу. У зимовий час колектора працюють з дуже низькою ефективністю.

- Енергонезалежність забезпечується використовуючи сонячний колектор для опалення, що дає незалежність від газу, при цьому колектор є додатковим джерелом тепла. Як мінімум в літню пору дає безкоштовно отримувати гарячу воду не використовуючи для цього газ. Аналогічний результат можна отримати при опаленні тепловим насосом.

- Доступність, для установки сонячного колектора не вимагається дозвіл.

- Довгий термін служби. Термін служби колектора — більше 15 років.

Недоліком сонячних колекторів є:

- Вартість.

- Мінливість, тобто колектора не можна розглядати як єдине джерело тепла.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Потрібен бак-накопичувач для роботи сонячних колекторів.



### **Опалення з використанням твердого палива (дрова)**

За сьогоднішніх цін на енергоносії опалення на дровах є хорошою альтернативою опаленню газом з точки зору загальних інвестицій. Зрештою, захист навколишнього середовища - не єдиний аргумент на користь опалення цією природною сировиною. Як місцеве паливо, деревина є дуже економічно вигідною і не схильною до різких коливань цін.

Недоліки :

Система повинна бути достатньо великою, щоб забезпечити будинок достатньою кількістю тепла. Забезпечення опалювального приладу паливом займає певний час, а для зберігання дров потрібен достатній простір на присадибній ділянці.

Переваги :

- Недорогі, стійкі та екологічні.
- Використання місцевої та відновлюваної сировини.
- Деревина піддається низьким коливанням цін і є дешевшою, ніж нафта або газ.
- CO<sub>2</sub>-нейтральне спалювання не шкодить навколишньому середовищу.
- Технологія опалення перевірена, безпечна та ефективна.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вибору оптимальної системи опалення можна порівняти такі додаткові характеристики:

1. **Ефективність опалення** – наскільки швидко та рівномірно система обігріває приміщення.

2. **Автономність та легкість обслуговування** – наскільки часто система потребує обслуговування та наскільки вона автоматизована.

3. **Безпека** – рівень безпеки використання, зокрема відсутність небезпеки займання або витоків.

4. **Тривалість служби** – середній термін експлуатації системи без заміни основного обладнання.

5. **Звуковий комфорт** – наскільки безшумно працює система; важливо для житлових будинків.

6. **Сезонна залежність** – наскільки ефективність системи залежить від погоди (важливо для сонячних колекторів або теплових насосів).

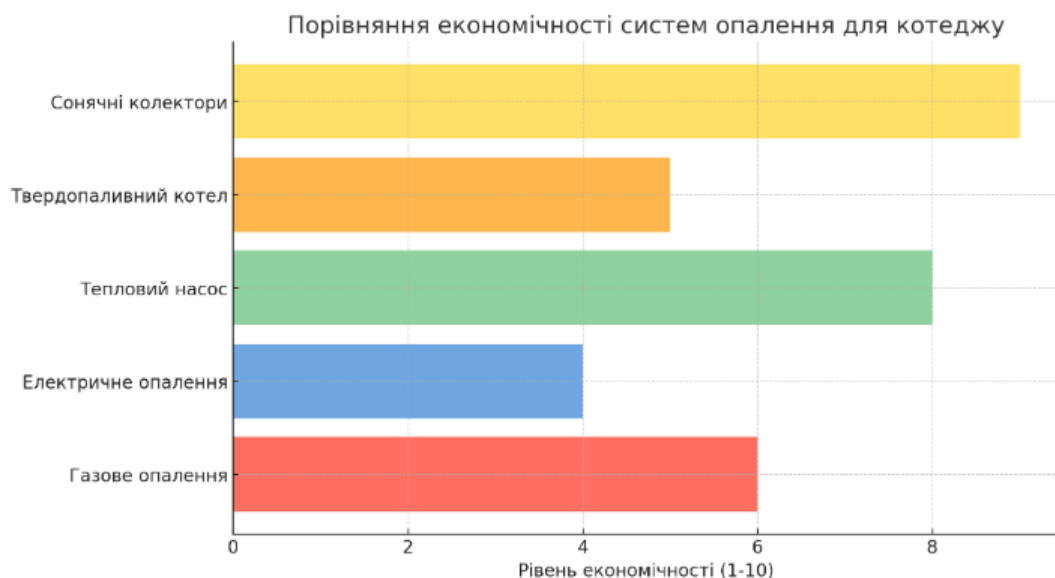
7. **Гнучкість в умовах оплати** – можливість регулювати витрати, наприклад, зменшити споживання в теплі місяці.

Графічне порівняння екологічності різних систем опалення для житлового котеджу. Як видно, **сонячні колектори** є найбільш екологічним варіантом, тоді як **газове та твердопаливне опалення** мають нижчі показники через викиди вуглецю. **Тепловий насос** також демонструє високу екологічність, особливо порівняно з електричним та газовим опаленням.



					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На цьому графіку відображені економічні показники систем опалення. **Сонячні колектори та тепловий насос** є найбільш економічними варіантами, оскільки мають низькі витрати на експлуатацію. **Газове опалення** теж відносно економічне, але поступається тепловому насосу. **Електричне опалення** має найнижчий рейтинг економічності через високі витрати на електроенергію, а **твердопаливний котел** - середній рівень через змінні витрати на паливо.



На цьому графіку показані капітальні затрати на встановлення різних систем опалення. **Найдешевшими в установці є електричне та газове опалення.** **Теплові насоси та сонячні колектори** потребують значних початкових інвестицій, оскільки вони вимагають складнішого обладнання та монтажу. **Твердопаливний котел** займає середню позицію за вартістю встановлення.



## Для порівняння ефективності основних систем опалення

### Газове опалення

- **Ефективність:** Висока ефективність при обігріві великих площ, швидке нагрівання. Газові котли мають високий ККД (коефіцієнт корисної дії) — зазвичай 90-98%.

### 2. Електричне опалення

- **Ефективність:** Високий ККД (приблизно 99%), оскільки електроенергія практично вся перетворюється на тепло. Однак підходить більше для невеликих приміщень, оскільки при великих площах енерговитрати стають надто високими.

### 3. Теплові насоси

- **Ефективність:** Дуже висока — теплові насоси здатні генерувати 3-5 кВт тепла з 1 кВт електроенергії. Це робить їх економічно вигідними для тривалого обігріву, особливо для великих будинків. Однак ефективність дещо знижується при дуже низьких температурах.

### 4. Твердопаливний котел

- **Ефективність:** Середня ефективність (ККД 75-85%), залежить від типу палива (дрова, пелети). Потребує регулярного завантаження палива, тому ефективність підтримки стабільної температури може бути складнішою.

### 5. Сонячні колектори

- **Ефективність:** Висока в сонячні дні (ККД може сягати 60-80%). Влітку система працює чудово, але взимку або при похмурій погоді ефективність значно падає, тому зазвичай потрібна резервна система обігріву.

## ВИСНОВОК

**Теплові насоси** є найефективнішими серед перерахованих варіантів за співвідношенням витрати енергії/отримане тепло, особливо для постійного опалення великих площ.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2. Система вентиляції та кондиціонування повітря

Ефективність вентиляційної системи впливає на чистоту повітря в приміщенні, на здоров'я людей, які знаходяться в даному приміщенні. Робота вентиляційних систем без відмов гарантує створення оптимального мікроклімату в приміщенні. Вентиляція в будинку виконує функції – видалення відпрацьованого повітря і подача свіжого повітря. [3]

Системи кондиціонування та вентиляції описують процес належної обробки повітря з наданням вологісно-температурних показників в залежності від системи. Сучасні вентиляційні системи дозволяють використовувати повністю автоматизований продукт, що дозволяє істотно скороти витрати на експлуатацію системи.

Для надійної роботи системи вентиляції повітря, слід обладнати її якісним фільтрами, з метою очищення повітря від шкідливостей, запахів та різних негативних чинників. Сучасні системи вентиляції та кондиціонування повітря повністю автоматизовані. Це дозволяє задавати параметри мікроклімату. Контролери автоматики збирають усю необхідну інформацію про параметри вентиляції та обробляючи інформації передають її на електронний датчик, де можна регулювати роботу кожного окремого вузла системи. [2, 4]

При тому, що системи кондиціонування та вентиляції дуже схожі, проте кожна система має ряд своїх особливостей [4]:

- вентиляція здійснює розрахований обмін повітря, завдяки витяжки та припливі, а кондиціонування повітря підтримує мікрокліматичні умови (вологість, температуру, та ін) в замкнутому приміщенні;
- система вентиляції працює на основі чіткого зв'язку з зовнішнім середовищем (подача повітря надходить з вулиці), кондиціонування повітря в більшості використовує повітря, яке знаходиться в приміщенні.

Оскільки вентиляційні системи відрізняються своїми конструктивними та фізичними показниками, слід виокремити переваги та недоліки кожної з систем.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Природні вентиляційні системи

Природна вентиляція – це система руху повітря в приміщенні без використання спеціальних пристроїв. Циркулювання повітря в приміщеннях з правильно розробленої вентиляційною системою здійснюється за рахунок відкриття дверей, вікон, кватирок. Тобто рух повітря відбувається з-за перепаду тиску, так званої повітряної тяги.

### Переваги та недоліки природної системи вентиляції

<b>Переваги</b> не потрібно підключати до джерела енергії; довгий час експлуатації; не вимагає періодичного обслуговування; не створює стороннього шуму; практично не ламається;	<b>Недоліки</b> відсутність автоматизації, а отже регулювання системи; ефективність системи залежить від погоди; не висока інтенсивність обміну повітря;
---	---

Природна вентиляція не забезпечує умов для хорошого провітрювання і для економії теплової енергії. Тому замість неї застосовують сучасніші рішення.

Сучасним рішенням є вентиляція з контрольованим (або регульованим) притоком повітря, наприклад, застосування вікон з вбудованими вентиляторами. Або застосовують спеціальні отвори в стінах для регульованого притоку повітря. Це можуть бути автоматичні вентилятори, які регулюють кількість надходження повітря залежно від потреби. Застосовують вентилятори з так званим гідрокеруванням, які реагують на рівень вологості повітря в приміщенні. При підвищеній вологості вентилятор автоматично збільшує притік повітря.

### Припливна система вентиляції

Призначення системи припливної вентиляції закладається в подачі свіжого повітря з вулиці. Коли потрібно отримати кращі параметри повітря можна додатково нагрівати, охолоджувати, очищати, зволожувати.

<b>Переваги</b> можливість регулювання кількості подачі повітря; можливість задавати параметри мікроклімату; має відносно компактні розміри;	<b>Недоліки</b> створює шум, який необхідно усунути; – необхідне окреме місце для встановлення, яке знаходиться подалі від житлових кімнат; вимагає технічного обслуговування під час експлуатації.
---	--

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Механічна система вентиляції

Механічна (штучна) вентиляція - це метод примусового вентилявання приміщення з використанням механічних систем. Головним елементом такої системи є вентилятор, який потрібен для нагнітання зовнішнього повітря або видалення внутрішнього повітря з приміщення. Механічна вентиляція може бути припливною і витяжною.

### Переваги та недоліки механічної системи вентиляції

<b>Переваги</b> автономність системи; можливість переносити великі об'єми повітря; можливість використання додаткового обігріву, охолодження, фільтрації, зволоження, осушення.	<b>Недоліки</b> вимагає регулярних витрат електроенергії; потрібне регулярне обслуговування системи; не дешевий монтаж системи.
--	--

## Витяжна система вентиляції

У побуті витяжна вентиляція потрібна для видалення запахів, вологи або просто циркуляції повітря. Переваги та недоліки витяжної системи вентиляції

<b>Переваги</b> легкість монтажних робіт; абсолютна автономність; регулювання об'ємних потоків повітря;	<b>Недоліки</b> значні вкладення коштів; необхідність регулярного обслуговування системи;
--	---

## Припливно-витяжна вентиляція

Окремої уваги заслуговує система припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією. Така установка відрізняється наявністю спеціального пристрою — рекуператора, який частково нагріває входять повітряні потоки. Цей апарат є теплообмінником. Повітря, що витягується з приміщення, проходить через рекуператор і віддає тепло свіжому повітрю, який надійшов з вулиці. Завдяки такій установці можна значно заощадити на обігріві, особливо в зимовий період часу. Крім того, припливно-витяжна вентиляція з рекуперацією може і охолоджувати повітря, що особливо актуально для спекотного літа.

### Переваги та недоліки припливної системи вентиляції

<b>Переваги</b> якісно надає усі мікрокліматичні умови; можливість використання системи вентиляції з рекуперацією тепла; проста та безпечна у процесі експлуатації.	<b>Недоліки</b> відносно велика вартість установки; слід встановлювати в окреме приміщення та виконувати роботи шумозаглушення;
--	---

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Порівняння VRV системи та ER100GVZ FWD06

### Основні характеристики для порівняння:

#### 1. Тип системи:

○ VRV система (Variable Refrigerant Volume): це система, яка використовує змінний об'єм охолоджувача для контролю температури в кількох приміщеннях. Вона складається з зовнішнього блоку, який підключений до кількох внутрішніх блоків.

○ ER100GVZ FWD06: ймовірно, це конкретна модель кондиціонера, ймовірно, від компанії Daikin або іншого виробника, і її характеристик можна порівняти з VRV системою по потужності, енергоефективності та особливостях управління.

#### 2. Потужність охолодження/обігріву:

○ Для VRV це може бути великий діапазон потужностей, оскільки ця система дозволяє обслуговувати різні об'єкти, від малих офісів до великих будівель.

○ ER100GVZ FWD06 ймовірно має конкретні параметри для охолодження/обігріву для певного об'єму приміщення.

#### 3. Енергоефективність:

○ VRV системи зазвичай мають високу енергоефективність завдяки інверторній технології та можливості налаштовувати охолодження та обігрів на різних рівнях.

○ Для ER100GVZ FWD06 важливо порівняти енергоспоживання та коефіцієнт ефективності (COP, EER).

#### 4. Управління та автоматизація:

○ VRV системи часто мають складніші можливості для керування через центральну систему або дистанційне керування через смартфони.

○ У ER100GVZ FWD06 можуть бути базові функції дистанційного керування або автоматичні налаштування.

#### 5. Інсталяція:

○ VRV системи зазвичай потребують складнішої інсталяції через численні підключення до різних внутрішніх блоків.

○ ER100GVZ FWD06 може бути менш складним в інсталяції (якщо це спліт-система або одиничний кондиціонер).

#### 6. Тип використання:

○ VRV є більш підходящою для великих будівель, комерційних

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщень або багатокімнатних домівок.

- ER100GVZ FWD06 може бути орієнтований на малий або середній об'єм приміщень.

**Пояснення характеристик:**

- **Потужність охолодження та обігріву:** Ці системи зазвичай мають широкий діапазон потужностей, але VRV системи можуть мати більші значення, оскільки вони зазвичай використовуються для великих будівель і приміщень.

- **Коефіцієнт ефективності (EER і COP):** Це показники енергоефективності. VRV системи зазвичай мають вищі значення EER і COP, оскільки вони призначені для комерційних та промислових застосувань, де важлива висока ефективність.

- **Тип охолоджувача:** Вказує на тип фреону, який використовується для охолодження/обігріву. В обох випадках це екологічно чисті фреони нового покоління (R-32 та R-410A).

- **Тип управління:** VRV системи часто мають складніші та гнучкіші варіанти керування (через смартфон, програми для центрального управління, багато зон керування), в той час як ER100GVZ FWD06 зазвичай має базову систему управління.

- **Інверторна технологія:** І VRV системи, і ER100GVZ FWD06 використовують інверторні компресори для досягнення високої енергоефективності.

- **Фільтрація повітря:** В залежності від моделі, VRV системи можуть мати більш складні системи фільтрації, що дозволяє досягти високої якості повітря в приміщеннях.

- **Тип установки:** VRV системи потребують складної установки, оскільки вони складаються з кількох внутрішніх блоків та одного або кількох зовнішніх. Встановлення таких систем вимагає більше часу та ресурсів, ніж у спліт-систем, таких як ER100GVZ FWD06.

- **Ціна установки:** Через складність інсталяції VRV системи зазвичай дорожчі в установці, в порівнянні з більш простими спліт-системами.

Таблиця 1 з даними характеристик VRV системи та ER100GVZ FWD06 та таблиця 2 для порівняння характеристик VRV системи та ER100GVZ FWD06 наведено в Додатку 1.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3. Джерела енергії для тепlopостачання житлового будинку

У зв'язку з істотним підвищенням цін на всі основні джерела тепла для приватного будинку, гостро постало питання зниження витрат на опалення приміщень і будівель. Сьогодні для обігріву приміщень використовуються декілька схем на основі різних джерел енергії. Найбільш поширені такі джерела опалення: централізоване опалення; котли — газові, електричні, твердопаливні, на рідкому паливі; електричні обігрівачі (конвектори, тепла підлога, повітряні опалювальні агрегати); теплові насоси (ТН). [6]

Тривалий час в житлових і комерційних приміщеннях без центрального опалення найекономічнішими та популярними були системи на базі газового котла. Це було пов'язано з істотно заниженою вартістю природного газу по відношенню до тарифу на електроенергію. Зараз все змінилося. Після подорожчання газу і поступового підвищення вартості електроенергії вибір найбільш економічної системи не такий очевидний. Вартість опалення 1 м<sup>2</sup> приміщення газом і електричними нагрівачами практично, а у багатьох випадках газ навіть дорожче.

Але найефективніша система, яка використовує електроенергію — тепловий насос. Саме теплові насоси зараз вважаються оптимальним вибором, з точки зору енергоефективності опалення.

Котли опалення широко поширені на ринку і використовуються у великій кількості домогосподарств. Це пов'язано з простотою їх вживання і доступністю. Вони розрізняються по вигляду енергоносія, потужністю, монтажними особливостями, кількістю контурів і матеріалом теплообмінників. Як теплоносії застосовується: природний газ; електроенергія; тверде і рідке паливо. Вживання системи опалення для будинку на базі твердопаливних котлів в основному обґрунтовується незалежністю.

При достатньому запасі палива система опалення не залежить від можливих неполадок в електромережі або в проблемах з подачею природного газу. Але існує цілий ряд недоліків. Наприклад, необхідно забезпечити місце

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для зберігання запасів твердого палива і сам матеріал за ціною мало чим виграє в електроенергії або природного газу.

Найбільш поширені газові та електричні котли. По сьогоднішніх тарифах вартість обігріву цими двома агрегатами порівняна. Опалення газом дозволяє також забезпечити систему гарячого водопостачання за наявності другого контура. Електричні котли вигідніше при підключенні нічного тарифу та реєстрації системи електричного опалення. Вони відносно недорогі, а сама система трубопроводів і обігрівальних приладів для них така ж, як і для газових котлів.



Теплові насоси для будинку. Зараз застосовується велика кількість теплових насосів різних типів: повітря-повітря (до них відносять спліт-системи та інші кондиціонери в режимі ТН); повітря-вода (тепло з атмосфери перекачується у водяну систему опалення); вода-вода (тепло забирається з надземних і підземних вод і водоймищ); ґрунт-вода (для обігріву використовується тепло землі). [7]

Основна відмінність ТН від інших обігрівальних систем в тому, що тепло не виробляється спалюванням енергоресурсу або прямої його переробкою в теплову енергію, а перекачується з довкілля в приміщення. Причому роблять вони це з високою ефективністю. Для роботи агрегату використовується електроенергія, а виробленого тепла при цьому більше, ніж використаного енергоресурсу.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Відразу варто сказати, з точки зору енергоефективності, на даний момент найвигідніше обігріватися системою теплового насосу. Причому, неважливо якого різновиду ТН. Для приблизного порівняння можна з деяким наближення і спрощенням порахувати вартість здобуття одного кВт\*ч теплової енергії з різних найбільш популярних джерел. Оскільки тепловтрати в одному будинку завжди однакові, яким би способом його не нагрівали.

Схематично система опалення приватного будинку із тепловим насосом показана на рисунку 2, де для прикладу показано два основні типи ґрунтових колекторів: горизонтальний і вертикальний у вигляді свердловин.

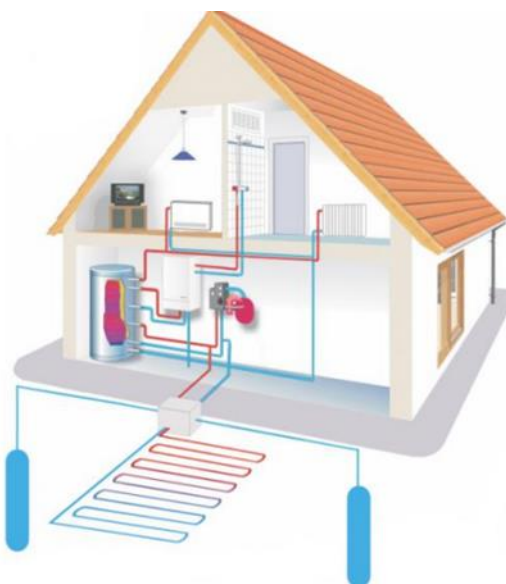


Рисунок 2 – Схема системи опалення будинку із тепловим насосом

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняємо різні джерела теплоти для системи опалення котеджу, зокрема газовий, електричний, твердопаливний котел, а також альтернативні джерела, як-от теплові насоси та сонячні колектори. Ось основні аспекти, які варто врахувати:

### 1. Газовий котел

- **Переваги:**

- Висока ефективність та швидке нагрівання.
- Низька вартість палива (в залежності від регіону).
- Стабільність у постачанні, якщо є підключення до газової мережі.

- **Недоліки:**

- Залежність від наявності газу та зміни тарифів.
- Викиди CO<sub>2</sub> і інших шкідливих речовин.
- Потрібна вентиляція та система відведення продуктів горіння.
- Порівняно високі витрати на монтаж (особливо, якщо немає підключення до газу).

### 2. Електричний котел

- **Переваги:**

- Легкість монтажу, не потрібно додаткових комунікацій (газу або дров).
- Не потребує виведення продуктів горіння, безпечний для здоров'я.
- Автоматизація та можливість дистанційного керування.

- **Недоліки:**

- Високі експлуатаційні витрати через високу вартість електроенергії.
- Залежність від стабільності електропостачання.
- Не завжди підходить для великих котеджів через високе споживання.

### 3. Твердопаливний котел (пелети, дрова, вугілля)

- **Переваги:**

- Можливість використання доступного палива (дрова, пелети, торф тощо).
- Відносно низька ціна палива (особливо при використанні місцевих ресурсів).
- Екологічно чистіші варіанти (наприклад, пелети).

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Недоліки:**

- Потрібна велика кількість місця для зберігання палива.
- Час на завантаження палива та очищення котла від золи.
- Складніший монтаж і обслуговування, а також необхідність регулярного догляду.

#### **4. Тепловий насос**

- **Переваги:**

- Дуже високий коефіцієнт ефективності (COP), особливо в порівнянні з електричними котлами.
- Використовує відновлювальні джерела енергії: геотермальне тепло, повітря або воду.

- Низькі експлуатаційні витрати після встановлення.

- Довговічність та низький рівень обслуговування.

- **Недоліки:**

- Висока вартість початкового монтажу.

- Залежність від температури навколишнього середовища (для повітряних насосів).

- Потребує значної площі для установки колекторів або зонда в геотермальних системах.

#### **5. Сонячні колектори**

- **Переваги:**

- Екологічно чисте джерело енергії.

- Можливість знижувати витрати на опалення та гаряче водопостачання.

- Низькі експлуатаційні витрати, відсутність витрат на паливо.

- **Недоліки:**

- Залежність від сонячної активності (в зимовий період ефективність знижується).

- Потрібен великий простір для розміщення колекторів на даху.

- Високі початкові витрати на покупку та встановлення системи.

#### **6. Біомасовий котел**

- **Переваги:**

- Використання відновлювальних джерел енергії.

- Можна використовувати пелети, тріску, соломку, що забезпечує більш низьку вартість палива.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Зниження викидів CO<sub>2</sub> порівняно з газом та вугіллям.
- **Недоліки:**
- Потрібен простір для зберігання палива.
- Потрібне регулярне обслуговування.
- Порівняно складний монтаж.

Таблиця для даних:

Показник	Газовий котел	Електричний котел	Твердопаливний котел	Тепловий насос	Сонячні колектори
Початкові інвестиції (\$)	2000–5000	500–3000	1500–4000	8000–15000	5000–15000
Експлуатаційні витрати на рік (\$)	500–1200	1000–3000	300–1000	200–700	0–300
Термін служби (роки)	15–20	15–20	10–15	20–25	20–25
Витрати на паливо на рік (\$)	500–1200	1000–3000	300–1000	200–700	0

## Висновки до розділу 1.

Аналіз переваг та недоліків існуючих природних та механічних систем вентиляції дозволить визначити шляхи їх вдосконалення. Обґрунтовані напрямки вдосконалення систем вентиляції дозволять підвищити її енергоефективність при створенні нормативних, санітарно-гігієнічних параметрів різних за призначенням приміщень.

Кількість енергії, яку можна отримати з природного газу, дуже відрізняється залежно від родовища і характеристик самого газу, але при ККД настінного котла близько 90% і теплоті згоряння газу близько 35 МДж/м<sup>3</sup> в середньому з одного метра кубічного газу при згорянні можна отримати близько 9 кВт\*ч енергії. Тобто один кВт\*ч при тарифі близько 6,5 грн./м<sup>3</sup> коштуватиме 0,72 грн.

Електроопалення складніше прорахувати. Зараз діє два тарифи для зареєстрованого електроопалення з вжитком до 3000 кВт (0,9 грн./кВт\*ч) і понад 3000 кВт (1,68 грн./кВт\*ч). Також існує денний і нічний тариф.

Якщо вивести середній тариф для будинку невеликої площі, то він знаходитиметься в межах 0,7—0,9 грн. за кВт\*ч залежно від загального місячного вжитку. Вартість при обігріві пелетами буде близько 1,0 грн./кВт\*ч (при 4000 грн. за тону).

Тепер стає ясно, що при використанні теплового насосу з COP близько 3,5 вартість кВт\*ч енергії буде близько 0,2 грн., оскільки рідко при використанні ТН для житлового будинку буде перевищення ліміту в 3000 кВт\*ч. Вартість теплового насоса вища, ніж газового і електричного котла, але різниця не така велика і окупається досить швидко. Для зменшення впливу форс-мажорних ситуацій тепловий насос можна комбінувати з газовим або будь-яким іншим котлом, який виступатиме в якості резервного джерела тепла.

Тепловий насос для опалення — найбільш ефективний спосіб здобуття тепла, і встановивши його прямо зараз ви економитимете на обігріві з кожним роком все більше фінансових коштів.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2.  
Проектування та розрахунок  
інженерних систем  
індивідуального будинку

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.1. Система опалення

Для індивідуального житлового будинку обирається горизонтальна двохтрубна система опалення з прихованою прокладкою трубопроводів. В якості опалювальних пристроїв використовуються радіатори марки «Kermi FKV» та прилади для опалення «Demrad Retro». Розміщення опалювальних пристроїв вільне біля стіни.

Переваги двотрубною горизонтальною системою опалення включають: - вона сприяє покращенню санітарно-гігієнічних умов та має більш естетичний вигляд завдяки можливості прокладання горизонтальних ділянок трубопроводу в підлозі або використанню плінтусового варіанту. Крім того, така система надає можливість регулювання кількості тепла, що надходить у приміщення, за допомогою термостатичних клапанів. Власник квартири також може контролювати витрати на опалення, встановивши водомір.

Економічні показники двотрубною горизонтальною системою опалення суттєво відрізняються на користь цієї системи у порівнянні з іншими. Зокрема, система має меншу протяжність трубопроводів та знижений витрати металу, що призводить до зменшення трудозатрат на монтаж. Ці фактори свідчать про те, що вартість горизонтальною системою опалення є значно нижчою у порівнянні з альтернативними системами.

Технічні переваги двотрубною горизонтальною системою опалення включають: можливість запуску системи опалення по поверхах, обмежену кількість проходів через перекриття, а також повне використання тепловіддачі трубопроводів, що зменшує розміри опалювальних приладів.

Крім того, ця система має високу гідравлічну стабільність і є простішою у конструкції, ніж інші двотрубні системи.

Опалювальні прилади в системі представлені сталевими панельними радіаторами від фірми «Kermi FKV». Ці радіатори характеризуються гладкою поверхнею, що відповідає санітарно-гігієнічним та естетичним вимогам.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вони мають тонкі стінки та легку вагу порівняно із застарілими сталевими радіаторами.

У цьому проекті передбачена надійна система підключення до радіаторів HERZ. Завдяки невеликій кількості компонентів, можна реалізувати різноманітні комбінації в різних системах водяного опалення. Точне налаштування режиму та оптимальна прохідність радіатора гарантують комфорт і зручність у використанні.

На підводках до опалювальних приладів встановлені автоматичні термостатичні головки з рідинним датчиком HERZ. Вони швидко реагують на навіть найменші зміни температури, точно підтримують задану температуру та враховують тепло, що надходить від освітлення, електроприладів і сонячного випромінювання.

Також ці автоматичні термостатичні головки допомагають знизити витрати води майже на 30% та мають естетичний дизайн.

Передбачено видалення повітря з кожного опалювального приладу та в верхніх точках стояка, що є особливо важливим для горизонтального прокладання трубопроводів.

Для балансування та запірно-регулювальної арматури використовуємо продукти компанії HERZ Stromax. Завдяки зручній конструкції цієї арматури досягається ефективне гідравлічне регулювання в системах опалення та охолодження. Індивідуальний тепловий пункт буде розташовано на цокольному поверсі.

В якості насосного обладнання ми обираємо компанію WILO, яка пропонує компактні моделі, що мінімізують шум.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.1.1. Теплотехнічний розрахунок потужності системи опалення

#### Методика проведення теплотехнічних розрахунків зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку

Метою теплотехнічного розрахунку є визначення нормативного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій  $R_0^H$ , м<sup>2</sup>·К/Вт і відповідний підбір товщини утеплюючого шару огорожень, при якому забезпечується досягнення загального опору теплопередачі не нижче нормативного, а також підбір конструкції заповнення вікон та дверей. [8]

Отже, теплотехнічний розрахунок виконується з урахуванням виконання вимоги [9]:

$$R_0 \geq R_0^H, \quad (2.1)$$

де  $R_0$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>·°С/Вт ;

$R_0^H$  – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Нормативний опір теплопередачі огороження,  $R_0^H$ , м<sup>2</sup>·К/Вт, може бути розрахований за формулою:

$$R_0^H = \frac{n (t_e - t_z)}{\Delta t^H \cdot a_e}, \quad (2.2)$$

де  $t_e$  - значення розрахункової температури повітря у приміщенні, °С;

$\Delta t^H$  - нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С;

$n$  - коефіцієнт, який враховує положення огороження відносно зовнішнього повітря;

$t_z$  - значення розрахункової зимової температури зовнішнього повітря, °С.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішня температура приймається з урахуванням теплової інерції огорожуючої конструкції  $D$ .

Теплова інерція багатошарової конструкції розраховується:

$$D = R_1 \cdot S_1 + R_2 \cdot S_2 + R_3 \cdot S_3 + R_4 \cdot S_4 + R_5 \cdot S_5, \quad (2.3)$$

де  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  - розрахункові коефіцієнти теплосвоєння матеріалу окремих шарів огорожуючої конструкції, Вт/м<sup>2</sup>·К.

Для високоінерційних стін із  $D > 7$  у якості розрахункової  $t_3$  приймається температура холодної п'ятиденки  $t_{x5d}$  із забезпеченістю 0,92.

Залежно від призначення будинку та температурної зони, в якій він розташований за додатком Б [9] (рис. 2.1), встановлюється мінімальний опір теплопередачі огорожувальних конструкцій  $R_{q \min}$ . Оскільки будинок розташований у першій температурній зоні, то приймаються дані, наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Мінімум допустиме значення опору теплопередачі ( $R_{q \min}$ ) для зони I

№	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт, для температурної зони I
1	Зовнішні стіни	3,3
2	Суміщені покриття	6,0
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95
4	Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75
6	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75
	Зовнішні двері	0,6

Опір теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції визначають за формулою:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2.4)$$

де  $\alpha_B, \alpha_3$  – коефіцієнти теплообміну біля внутрішньої і зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , згідно [9] (таблиця 2.2)

$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$  – сума термічних опорів усіх шарів огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;

$\frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}}$  – опір теплопередачі шару утеплювача,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;

$\delta$  і  $\lambda$  – відповідно товщина й теплопровідність і-го шару огорожувальної конструкції.

Теплотехнічний розрахунок виконується для всіх огорожувальних конструкцій, через які є втрати теплоти: зовнішні стіни, вікна, перекриття над неопалювальними підвалами, горишне перекриття, зовнішні двері, а також внутрішні стіни, котрі відокремлюють суміжні приміщення, якщо різниця температур у них перевищує  $3 \text{ °C}$ .

Товщина утеплювача визначається за формулою:

$$\delta_{yt} = \lambda_{yt} \left( R_o - \frac{1}{\alpha_B} - \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} - \frac{1}{\alpha_3} \right). \quad (2.5)$$

Після уточнення товщини теплової ізоляції відповідно до наявних типорозмірів будівельних матеріалів визначається відповідний їй опір теплопередачі за формулою (2.3).

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої  $\alpha_{в}$  та зовнішньої  $\alpha_{з}$  поверхонь огорожувальних конструкцій [9]

Тип конструкції	Коефіцієнт	
	$\alpha_{в}$	$\alpha_{з}$
Зовнішні стіни, дахи, покриття, перекриття над проїздами плоскі та з ребрами при відношенні висоти ребра $h$ до відстані між гранями $b$ сусідніх ребер		
$h/b \leq 0,3$	8,7	23
$h/b > 0,3$	7,6	23
Перекриття горищ та холодних підвалів	8,7	12
Перекриття над холодними підвалами та технічними поверхами, що розташовані нижче рівня землі	8,7	6
Вікна, балконні двері, вітражі та світлопрозорі фасадні системи	8,0	23
Зенітні ліхтарі	9,9	23

Опір теплопередачі склопакета відповідно до ДСТУ Б В.2.6-17-2000 | може бути знайдений за формулою:

$$R_o = 1 / [(1-B) / R_p + B / R_{sp}], \quad (2.6)$$

де  $B$  - відношення площі скління до площі всього віконного прорізу;

$R_p$  - опір теплопередачі профілю;

$R_{sp}$  - опір теплопередачі склопакета.

Згідно додатка М [9] приведений опір теплопередачі світлопрозо огорожувальних конструкцій розраховується за формулою:

$$R_{np} = \frac{F_{cn} + \sum_{i=1}^n F_i}{\frac{F_{cn}}{R_{\Sigma cn}} + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j},$$

де  $R_{\Sigma cn}$  - приведений опір теплопередачі світлопрозорої ділянки, що приймається залежно від характеристик скління (склопакетів) - відстані між шарами скла, виду газонаповнення та ступеня чорноти поверхні скла згідно з таблицею

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$F_{\text{сп}}$  - площа світлопрозорої частини, м<sup>2</sup>;

$R_{\Sigma i}$ ,  $F_i$ , - опір теплопередачі та площа  $i$ -го непрозорого елемента;

$n$  - кількість непрозорих елементів конструкції з певними значеннями  $R_{\Sigma i}$ ,  $F_i$ ;

$k_j$  - лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К),  $j$ -го теплопровідного включення, який визначають згідно [9] на підставі розрахунків двомірних (тримірних) температурних полів або згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-146;

$L_j$  - лінійний розмір, м,  $j$ -го конструктивного непрозорого елемента світлопрозорої конструкції;

$m$  - кількість непрозорих елементів конструкції, для яких необхідно визначати  $k_j$ .

Для підлоги, розташованої безпосередньо на ґрунті, коефіцієнт теплопередачі  $k_{\text{підлоги}}$  розраховується за формулою:

$$k = \frac{1}{R_c + \frac{\delta}{\lambda}}, \quad (2.7)$$

де  $\delta$  – товщина шару утеплювача, м;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності утеплювального шару, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

Термічний опір  $R_c$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, визначається по зонах шириною 2 м, паралельним зовнішнім стінам:

- для 1-ої зони -2,1;
- для 2-ої зони - 4,3;
- для 3-ої зони - 8,6;
- для площі, що залишилася -14,2.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Розрахунок теплостійкості стінової огорожуючої конструкції.

Розрахунок теплостійкості зовнішньої стіни виконують для самого жаркого місяця теплого періоду року [28].

Метою розрахунку є визначення амплітуди коливання температури на внутрішній поверхні огороження  $A_{\tau_B}$  і порівняти її з потрібною амплітудою коливання  $A_{\tau_B}^{номп}$ . Якщо  $A_{\tau_B} > A_{\tau_B}^{номп}$ , необхідно вжити заходи для зменшення дійсної амплітуди коливання температури на внутрішній поверхні стіни.

1. Визначення потрібної амплітуди коливання температури внутрішньої поверхні огороження ( $^{\circ}\text{C}$ ) для районів із середньомісячною температурою липня  $^{\circ}\text{C}$  і вище

$$A_{\tau_B}^{номп} = 2.5 - 0.1 (t_3 - 21) \quad (2.8)$$

З температурою  $t_H$  (VII)  $< 21^{\circ}\text{C}$   $A_{\tau_B}^{номп} = 2,5$ .

Середньомісячна температура липня  $t_H$  (VII)  $= 18,3^{\circ}\text{C}$ , тому  $A_{\tau_B}^{номп} = 2,5$ .

Визначення коефіцієнта тепловіддачі на зовнішній поверхні огороження  $a_3$ , для літніх умов

$$a_3 = 1.16 \cdot (5 + 10\sqrt{v}), \quad (2.9)$$

де  $v$  - мінімальна із середніх швидкостей вітру по румбах за липень (приймають за кліматичними даними, але не менше 1 м/с).

Визначення значення розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$

$$A_{\tau_3}^{розр} = 0.5 A_{\tau_3} + \frac{\rho (I_{макс} - I_{ср})}{a_3}, \quad (2.10)$$

де  $A_{\tau_3}$  - максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні,  $^{\circ}\text{C}$ , за [28];

$\rho$  - коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огороження;

$I_{макс}, I_{ср}$  - максимальне та середнє значення сумарної сонячної радіації (прямої і розсіяної),  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні окремих шарів огорожуючої конструкції  $\gamma$ , Вт/м<sup>2</sup>·К. приймають залежно від його теплової інерції. Розрахунок починаємо з першого внутрішнього шару. Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні першого шару  $\gamma_1$ , Вт/м<sup>2</sup>·К, приймається залежно від його теплової інерції:

якщо  $D > 1$ , коефіцієнт  $\gamma_1$  беремо рівним коефіцієнту теплозасвоєння матеріалу шару  $S_1$ , тобто  $\gamma_1 = S_1$ ;

при  $D < 1$ , коефіцієнт теплозасвоєння розраховуємо для першого шару

$$\gamma = \frac{R_1 S_1^2 + a_s}{1 + R_1 a_s}. \quad (2.11)$$

Коефіцієнт теплозасвоєння другого шару  $\gamma_2$ , Вт/м<sup>2</sup>·К, приймається залежно від його теплової інерції  $D_2 = S_2 \cdot R_2$ :

Якщо  $D_2 > 1$ , то

$$\gamma_2 = S_2$$

Якщо  $D_2 < 1$ , то

$$\gamma_2 = \frac{R_2 S_2^2 + \gamma_1}{1 + R_2 \gamma_1}. \quad (2.12)$$

Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні третього шару  $\gamma_3$ :

$D_3 = 0,23 < 1$ , коефіцієнт теплозасвоєння  $\gamma_3$ , Вт/м<sup>2</sup>·К:

$$\gamma_3 = \frac{R_3 S_3^2 + \gamma_2}{1 + R_3 \gamma_2}, \quad (2.13)$$

Визначення величини загасання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря  $v$  в тришаровому огороженні

$$v = 0.9 e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + a_s) (S_2 + \gamma_1) (S_3 + \gamma_2)(a_3 + \gamma_3)}{(S_1 + \gamma_1) (S_2 + \gamma_2) (S_3 + \gamma_3) a_3}, \quad (2.14)$$

де  $e$  - основа натуральних логарифмів,  $e=2,718$ .

$S_1$ .....  $S_5$  – розрахункові коефіцієнти тепло засвоєння матеріалів окремих шарів огорожуючої конструкції;

$D$  - тепла інерція огорожуючої конструкції.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Визначення амплітуди коливання температури внутрішньої поверхні огороження,  $A_{\tau_B}$ , °С

$$A_{\tau_B} = \frac{A_{\tau_3}^{розр}}{\nu}, \quad (2.15)$$

де  $A_{\tau_3}^{розр}$  - розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря;

$\nu$  - величина загасання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в огорожуючій конструкції.

Якщо  $A^{номр}_{\tau_B} > A_{\tau_B}$ , то немає необхідності підвищувати теплостійкість огороження.

Розрахунок опору повітропроникненню стінової огорожуючої конструкції [11]

Необхідний опір повітропроникненню огорожуючих конструкцій будинків,  $R_i^{номр}$ , м<sup>2</sup> · год · Па/кг, за винятком вікон

$$R_i^{номр} = \frac{\Delta P}{G^n}, \quad (2.16)$$

де  $\Delta P$  - різниця тисків, що викликають рух повітря через огорожуючу конструкцію, Па;

$G^n$  - нормативна повітропроникність, кг/(м<sup>2</sup> · год · Па).

Для стін  $G^n = 0,5$  кг/(м<sup>2</sup> · год · Па).

Визначення різниці тисків, що викликають рух повітря через огорожуючу конструкцію,  $\Delta P$ , Па:

$$\Delta P = 0.55 H (\gamma_{зовн} - \gamma_{вн}) + 0.03 \gamma_{зовн} w^2, \quad (2.17)$$

де  $H$  - висота будинку від поверхні землі до верху карниза, м, ( $H = 6$  м);

$\gamma_{зовн}, \gamma_{вн}$  - питома вага зовнішнього й внутрішнього повітря, Н/м<sup>3</sup>;

$w$  - максимальна із швидкостей вітру по румбах за січень, повторюваність яких становить 16 % і більше, м/с.

Питому вагу повітря  $\gamma$ , Н/м<sup>3</sup>, залежно від його температури можна визначити за формулою

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}, \quad (2.18)$$

де  $t$  - температура повітря внутрішнього та зовнішнього повітря з урахуванням теплової інерції.

Визначення фактичного опору повітропроникненню для багатошарової конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/кг}$ ,

$$R_{\phi} = R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_i, \quad (2.19)$$

де  $R_{iN}$  - опір повітропроникненню окремих шарів огорожуючої конструкції  $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/кг}$ .

### Визначення тепловтрат через огорожуючі конструкції [12]

Однією з головних складових тепловтрат приміщення є втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції. Їх визначають за формулою:

$$Q_{OK} = \frac{F}{R_0} (t_B - t_{35}) n (1 + \sum \beta), \quad (2.20)$$

де  $R_0$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$  ;

$F$  – розрахункова площа огорожувальної конструкції по “зовнішньому” обміру, яка визначається відповідно до рисунка 1,  $\text{м}^2$  ;

$t_B$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, котру приймаємо за додатком А,  $\text{°C}$  ;

$t_{35}$  – середня температура найбільш холодної п’ятиденки забезпеченістю 0,92;

$n$  – коефіцієнт, що враховує фактичне зменшення розрахункової різниці температур для огорожувальних конструкцій, які відокремлюють опалювальні приміщення від неопалювальних і безпосередньо не контактують із зовнішнім повітрям;

$\sum \beta$  - додаткові втрати теплоти у частках від головних втрат, котрі приймаються:

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) для зовнішніх вертикальних і похилих огороджуючих конструкцій, орієнтованих у напрямку, з якого у січні віє вітер зі швидкістю, вищою за 4,5м/с, із повторюваністю не менше ніж 15%, у розмірі 5% (при швидкості вітру до 5м/с) і в розмірі 10% (при швидкості 5м/с та більше); при типовому проектуванні добавки слід урахувувати у розмірі 5% для всіх приміщень;

б) для зовнішніх вертикальних і похилих огорожувальних конструкцій багатоповерхових будинків у розмірі 20% для першого та другого поверхів, 15% – для третього, 10% – для четвертого поверху будинків із кількістю поверхів 16 і більше; для 10-15 – поверхових будинків добавки необхідно враховувати у розмірі 10% для першого і другого поверхів та 5% – для третього.

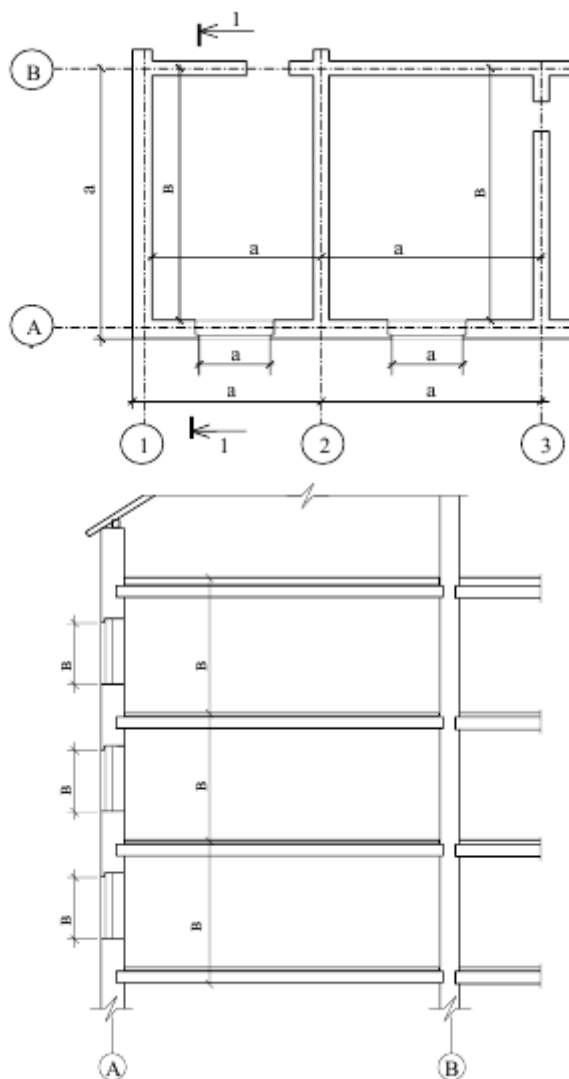


Рисунок 2.1- Правила визначення розмірів огорожувальних конструкцій

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок за тепловим балансом базується на законі збереження енергії, за яким кількість енергії, що надходить, має бути рівною енергії, що втрачається.

У загальному випадку тепловий баланс будівлі має вигляд [13]:

$$Q_{OG} + Q_V = Q_{CO} + Q_{PB}$$

Система опалення житлового будинку повинна компенсувати втрати теплоти усіма приміщеннями через огороджуючі конструкції та втрати теплоти на нагрів вентиляційного повітря. Додатковим (до системи опалення) джерелом теплоти є побутові теплонадходження.

Сума кількості тепла, що втрачається через огороджуючі конструкції та на нагрівання припливного вентиляційного повітря складає тепловтрати будівлі:

$$Q_{TP} = Q_{OG} + Q_V,$$

де  $Q_{OG}$  – тепловий потік через огороджуючі конструкції, Вт;

$Q_V$  – втрати теплоти на нагрів вентиляційного повітря, Вт.

Розрахункові теплонадходження  $Q_{PB}$  визначаються як:

$$Q_{PB} = Q_L + Q_{OCB} + Q_{CP} + Q_E,$$

де  $Q_L$  – теплонадходження від людей, Вт:

$$Q_L = q_x \cdot n,$$

де  $q_x$  – теплонадходження від однієї людини, Вт;

$n$  – кількість людей у будинку.

$Q_{CP}$  – теплонадходження від сонячної радіації через вікна південної сторони:

$$Q_{CP} = q_{пд} \cdot F, \text{ Вт},$$

де  $q_{пд}$  – теплонадходження від  $1 \text{ м}^2$  південного вікна, Вт;

$F$  – площа вікон з південної сторони,  $\text{м}^2$ .

$Q_{OCB}$  – теплонадходження від освітлення, Вт;

$Q_E$  – теплонадходження від електричних приладів, Вт.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплонадходження  $Q_{ПБ}$  для одноквартирних будинків питомі теплонадходження включають:

- тепло від людей, які визначаються як метаболічна теплота й становлять  $1,2 \text{ Вт/м}^2$  ;
- тепло від освітлення –  $2 \text{ Вт/м}^2$  ;
- тепло від обладнання –  $2 \text{ Вт/м}^2$  .

Помноживши суму вказаних теплонадходжень на загальну площу будинку, матимемо сумарні побутові надходження тепла  $Q_{ПБ}$ .

Таким чином, тепловтрати в будинку, які необхідно компенсувати надходженнями системи опалення, визначаються в такий спосіб [14]:

$$Q_{CO} = \Sigma Q_{ТП} - Q_{ПБ},$$

де  $Q_{ТП}$  – тепловтрати, Вт;

$Q_{ПБ}$  – теплонадходження, Вт.

Розрахунок теплової потужності системи опалення будівлі доцільно виконувати за формулою, Вт

$$Q_{CO} = b_1 b_2 \Sigma (Q_{OK} + Q_V) - Q_{ПБ},$$

де  $b_1$  – коефіцієнт, що враховує додаткову теплопередачу в приміщенні, яка пов'язана зі збільшенням площі поверхні опалювальних приладів порівняно з розрахунковою;

$b_2$  – коефіцієнт, котрий ураховує додаткові тепловтрати, пов'язані з розміщенням опалювальних приладів відносно зовнішніх стін;

$Q_V$  - витрати теплоти на нагрівання вентиляційного (інфільтрованого) зовнішнього повітря, Вт;

$Q_{OK}$  - втрати теплоти через огороджувальні конструкції, Вт;

$Q_{ПБ}$  - побутові теплонадходження, Вт.

Розрахунок теплової потужності системи опалення окремого приміщення виконується за формулою, Вт

$$Q_{ПР} = \Sigma Q_{OK} + Q_V - Q_{ПБ},$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати тепла на опалення можна також орієнтовно визначити за формулою, де тепловтрати визначаються за питомою тепловою потужністю  $q_v$  з урахуванням об'єму приміщення  $V_{пр}$  та різниці температур внутрішнього й зовнішнього повітря ( $t_v - t_3$ ) [15]:

$$Q = q_v \cdot V_{пр} \cdot (t_v - t_3).$$

Питомі тепловтрати на опалення будинків повинні задовольняти умову:

$$q_{буд} \leq E_{max}$$

де:  $q_{буд}$  – розрахункові або фактичні питомі тепловтрати;

$E_{max}$  – максимально допустиме значення питомих тепловтрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт·год/м<sup>3</sup>, що визначаються залежно від призначення будинку, його поверховості і температурної зони експлуатації.

Питомі тепловтрати на опалення житлового будинку за опалювальний період  $q_{буд}$ , кВт·год/м<sup>2</sup>, визначаються за формулою:

$$q_{буд} = Q_{рік} / F_h,$$

де  $Q_{рік}$  – витрати теплової енергії на опалення за опалювальний період, кВт·год, які визначаються на підставі результатів енергетичного аудита будинку або по результатам розрахунку;

$F_h$  – опалювальна площа будинку, м<sup>3</sup>.

Теплотехнічний розрахунок дійсного стану зовнішніх огорожуючих конструкцій з метою досягнення нормативних вимог по теплоізоляції.

Порівняння нормативних і реальних значень, виконаємо в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняння нормативних і реальних значень термічного опору

№	Назва	Термічний опір, м <sup>2</sup> ·К/Вт	
		нормативний $R_{q\ min}$	фактичний $R_0$
1	Зовнішні стіни	3,3	3,84
2	Горищне перекриття неопалюваного горища	4,95	6,17
3	Вікна	0,75	0,5
4	Зовнішні двері	0,6	1,31

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконаємо розрахунок стінової конструкції за схемою, показаною на рисунку 2.2

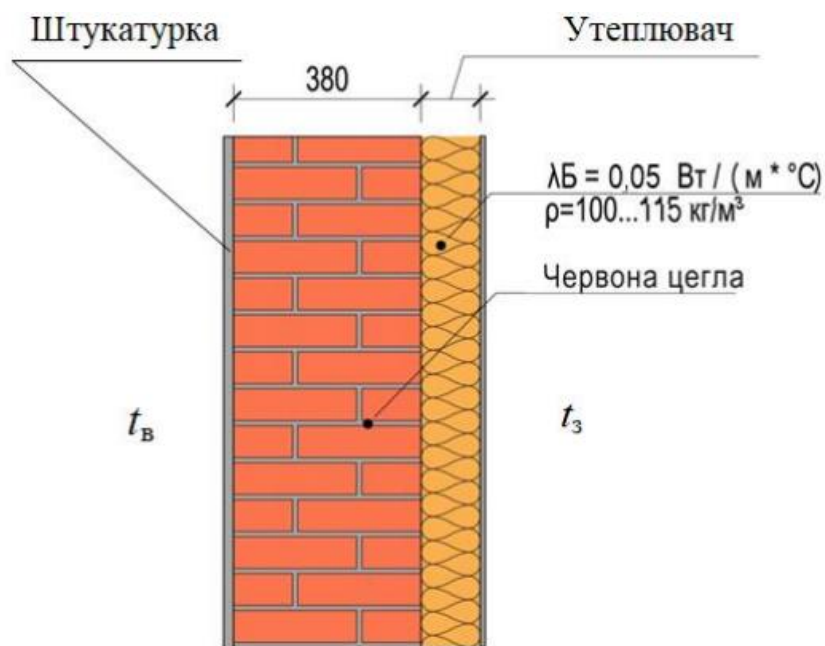


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема стіни

Визначимо необхідний опір теплопередачі огородження за санітарно-гігієнічними вимогами:

$$R_0^H = \frac{n \cdot (t_B - t_3)}{\Delta t^H \cdot a_B}; \quad R_0^H = \frac{1 \cdot (20 + 22)}{6 \cdot 8,7} = 0,766 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Опір теплопередачі огорожуючої конструкції  $R_0$  житлових і громадських будинків вибираємо найбільший із значень необхідного опору теплопередачі, що визначений за санітарно-гігієнічними нормами  $R_0^H$  і нормативним значенням опору теплопередачі огорожуючих конструкцій  $R_{q \text{ min}}$ .

$$\text{Маємо } R_0^H = 0,766 < R_{q \text{ min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Отже, розрахунок ведемо за нормативним значенням.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення термічного опору стінової городжуючої конструкції,  $R_0$  здійснюється за формулою :

$$R_0 = R_{\text{вн}} + R_1 + R_2 + R_{\text{ут}} + R_{\text{зовн}} .$$

Звідси товщина утеплювача може бути знайдена наступним чином:

$$R_{\text{ут}} = R_0 - (R_{\text{вн}} + R_1 + R_2 + R_{\text{зовн}}),$$

де  $R_1, R_2$  - опір теплопровідності окремих шарів огороження;

$R_{\text{зовн}}$  - опір тепловіддачі зовнішнього огороження,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$R_{\text{вн}}$  - опір теплосприйняття внутрішнього огороження,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Виходячи з умови досягнення нормативного опору теплопередачі, формула набуває вигляду:

$$R_{\text{ут}} = R_{q \text{ min}} - (R_{\text{вн}} + R_1 + R_2 + R_{\text{зовн}}).$$

$$R_{\text{ут}} = 3,3 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,58} + \frac{0,025}{0,93} + \frac{1}{23} \right) = 3,3 - 0,84 = 2,46 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Знайдемо необхідну товщину шару утеплювача у різних варіантах, приймаючи характеристики утеплювачів :

1) плити теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна ( $\rho=150 \text{ кг}/\text{м}^3$ , коефіцієнт теплопровідності  $\lambda=0,05 \text{ Вт}/\text{ м} \cdot \text{К}$ )

$\delta_3 = 2,46 \cdot 0,05 = 0,123 \text{ м}$  – приймаємо значення, округлене в більшу сторону до стандартної товщини – 150 мм.

плити теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна ( $\rho=225 \text{ кг}/\text{м}^3$ , коефіцієнт теплопровідності  $\lambda=0,054 \text{ Вт}/\text{ м} \cdot \text{К}$ )

$\delta_3 = 2,46 \cdot 0,054 = 0,133 \text{ м}$  – приймаємо значення, округлене в більшу сторону до стандартної товщини – 150 мм.

2) плити з резольно-формальдегідного пінопласту

( $\rho=100 \text{ кг}/\text{м}^3$ , коефіцієнт теплопровідності  $\lambda=0,076 \text{ Вт}/\text{ м} \cdot \text{К}$ )

$\delta_3 = 2,46 \cdot 0,076 = 0,187$  – приймаємо значення, округлене в більшу сторону до стандартної товщини – 200 мм.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) плити із жорсткого пінополіуретану

( $\rho=80 \text{ кг/м}^3$ , коефіцієнт теплопровідності  $\lambda=0,05 \text{ Вт/ м} \cdot \text{К}$ )

$\delta_3 = 2,46 \cdot 0,05 = 0,123 \text{ м}$ . – приймаємо значення, округлене в більшу сторону до стандартної товщини – 150 мм.

Отже, матимемо 3 варіанти утеплення, для яких знайдемо термічні опори при прийнятій товщині ізоляції:

$$1. R_0 = 0,84 + 0,15 / 0,05 = 3,84 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

$$R_0 = 0,84 + 0,15 / 0,054 = 3,63 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

$$2. R_0 = 0,84 + 0,2 / 0,076 = 3,47 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

$$3. R_0 = 0,84 + 0,15 / 0,05 = 3,84 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Усі 3 варіанта задовольняють вимогам до житлових будівель з теплоізоляції, оскільки отримані значення перевищують мінімальне нормативне  $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , прийняте за [9] для першої температурної зони.

При цьому з огляду на можливість використання базальтової вати різної густини було додатково виконано розрахунок для мінеральної вати найбільшої густини. Виявлено, що вата з будь-якою густиною задовольнятиме необхідну умову.

За проектною документацією індивідуальний житловий будинок, що розглядається має утеплення зовнішніх стін саме з базальтової вати виробництва ROCWOOL товщиною 150 мм. Отже, утеплювач підібрано правильно, додаткових заходів виконувати не потрібно.

Для горищного перекриття розрахуємо один варіант утеплювача – базальтову вату додатково до конструктивних шарів дерева та рулонної ізоляції з мінеральної вати:

$$R_{\text{ут}} = R_{q \text{ min}} - (R_{\text{вн}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_{\text{зовн}}) = \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

$$= 4,95 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,032}{0,23} + \frac{0,03}{0,23} + \frac{0,05}{0,23} + \frac{0,05}{0,05} + \frac{0,05}{0,23} + \frac{0,03}{0,23} + 0,14 + \frac{1}{12} \right) =$$

$$= 4,95 - 2,17 = 2,78 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді товщина утеплювача:

$\delta_{ут} = 2,78 \cdot 0,05 = 0,139$  м – приймаємо товщину, найближчу до існуючих типорозмірів – 150 мм.

Навіть, якщо термічний опір повітряного прошарка не враховувати й прийняти  $R_{ут} = 2,78 + 0,14 = 2,92$

$$\delta_{ут} = 2,92 \cdot 0,05 = 0,146 \text{ м} \approx 0,150 \text{ м.}$$

$$R_{зоп} = 2,17 + 0,15 / 0,05 = 5,17 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Отримане значення термічного опору перевищує нормативне, отже, розрахунок виконано вірно.

Таким чином, можна зробити висновок, що зазначена в проектній документації товщина утеплювача горіщного перекриття з базальтової вати у 200 мм є завищеною, нормативні вимоги до ізоляції виконуються вже при товщині 150 мм.

Визначення необхідної кількості теплової енергії для опалення.

Теплова потреба будинку:

$$Q_{тп} = Q_{ог} + Q_{в}$$

$Q_{ог}$  – тепловий потік, через огорожуючі конструкції, Вт;

$Q_{в}$  – втрати теплоти, на нагрів вентиляційного повітря, Вт;

За результатами розрахунку, наведеними в таблиці 3.2, загальні теплові втрати  $Q_{ог} + Q_{в}$  складають 13,085 кВт.

Необхідна теплова потужність системи опалення за формулою 2.29:

$$Q_{со} = b_1 b_2 \sum (Q_{ок} + Q_{в}) - Q_{пв}$$

$Q_{пв}$  – побутові теплонадходження, Вт.

$$Q_{пв} = Q_{л} + Q_{о} + Q_{обл} = (1,2 + 2 + 2) \cdot F = 5,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot 228,4 \text{ м}^2 = 1188 \text{ Вт.}$$

Отже, необхідна потужність системи опалення будинку складає:

$$Q_{со} = 1,1 \cdot 13,085 \text{ кВт} - 1,188 \text{ кВт} = 13,2 \text{ кВт.}$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.1.2. Гідравлічний розрахунок системи опалення

Визначаємо втрати тиску в розрахунковій ділянці трубопроводу за методом характеристик опору [16]:

$$\Delta P = SG^2$$

де  $S$ - характеристика опору розрахункової ділянки трубопроводу, Па/(кг/год)<sup>2</sup>, що чисельно дорівнює втраті тиску в ній при витраті води  $G=1$  кг/год;

$$S = A \cdot \xi_{прив}$$

де  $A$ - питомий динамічний тиск, Па/(кг/год)<sup>2</sup> в розрахунковій ділянці трубопроводу, що виникає при витраті води в ній  $G=1$  кг/год;  $\xi_{прив}$ - приведений коефіцієнт опору розрахункової ділянки трубопроводу;

Визначаємо величину приведенного коефіцієнту опору розрахункової ділянки трубопроводу:

$$\xi_{прив} = \frac{\lambda}{d} l + \Sigma \xi,$$

де  $\lambda/d$ - приведений коефіцієнт тертя труби, м<sup>-1</sup>;  $d$ - внутрішній діаметр труби, м;  $l$ - довжина розрахункова ділянки трубопроводу, м;  $\Sigma \xi$ - сумарний коефіцієнт місцевих опорів на розрахунковій ділянці трубопроводу.

Використання величини  $G/v$  дозволяє за даними витратою води  $G$  і діаметром труби  $d$ , обчислити швидкість теплоносія  $v$ , м/с, діленням витрати води на величину  $G/v$ .

Величини параметрів  $A$ ,  $\lambda/d$ ,  $G/v$ , для труб, які використовуються в сучасних системах опалення за середньої температури води  $t=60$  °С, яка відповідає середній річній температурі за опалювальний період, визначаються наступним чином:  $A$  (коефіцієнт теплопередачі) – цей параметр залежить від матеріалу труб, їх геометрії та критичних умов. Для металевих труб (наприклад, з сталі або міді) може коригуватися на підставі специфікацій виробника, а також від значення середньої температури води.  $\lambda/d$  (коефіцієнт теплового опору) – це відношення теплопровідності матеріалу до діаметра труби. Чим менший діаметр, тим вищим буде це значення.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для труб із більш високою теплопровідністю (наприклад, мідні) цей показник буде меншим.  $G/v$  (гідрравлічне опір), – це співвідношення маси теплоносія на одиницю об'єму до швидкості його потоку. [16]

Це співвідношення дійсно вплине на ефективність системи опалення і залежатиме від конструктивних характеристик трубопроводів. Значення характеристики опору  $S$  може бути визначене для кожної окремої ділянки системи або для частини мережі, яка складається з послідовних і паралельних ділянок.

Характеристика опору  $S$  послідовно розташованих ділянок трубопроводів із постійною витратою води дорівнює сумі характеристик опору цих ділянок, тобто

$$S_{1-2} = S_1 + S_2,$$

де  $S_1$  і  $S_2$  – характеристики опору ділянок трубопроводу.

Витрата води  $G$  в розрахункових ділянках розподільчих і збірних магістральних трубопроводів визначають, як суму витрат води в горизонтальних приладових вітках і стояках, які обслуговуються даними розрахунковими ділянками.

Визначаємо витрату води  $G_{cmij}$ , кг/год, на будь якій  $j$ -тій ділянці стояка двотрубної системи опалення:

$$G_{cmij} = G_{co} \cdot \varphi_{ij},$$

де  $\varphi_{ij}$  – частка загальної витрати води в системі опалення, яка припадає на  $j$ -ту ділянку стояка.

Визначаємо величину  $\varphi_{ij}$ :

$$\varphi_{ij} = \frac{\sum_1^m Q_{1,j}}{Q_1} )$$

де  $\sum_1^m Q_{1,j}$  – теплові втрати будинку, що припадають на  $j$ -ту ділянку стояка,

Вт.

Визначаємо витрату води  $G_{o.n.j}$  – кг/год:

$$G_{o.n.j} = G_{co} \cdot \Psi_j )$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\psi_j$ - визначаємо за формулою:  $\psi_j = \frac{Q_{1,j}}{Q_1}$  )

де  $Q_{1,j}$ - тепловтрати приміщення, Вт.

Витрати води в розрахункових ділянках горизонтальних приладових віток визначаються, як сума витрат води в опалювальних приладах, які обслуговуються цими ділянками.

У опалювальних приладах приладової вітки встановлюються характеристики налаштування клапанів на перетині прямих, що відповідають витратам води  $G_{оп}$  в опалювальних приладах та перепадам тисків  $\Delta P_k$  у цих клапанах.

Перепади тиску визначаються з урахуванням умов ув'язки циркуляційних кілець, які проходять через опалювальні прилади, щодо основного циркуляційного кільця приладової вітки.

Визначаємо втрати тиску води в циркуляційних кільцях приладової вітки  $\Delta P_{ок}$ , не враховуючи втрати тиску води в загальних ділянках системи опалення [16]:

$$\Delta P_{ок} = \sum \Delta P + \Delta P_{оп.ок} + \Delta P_{к.ок}.$$

Перевіряємо вимоги до мінімальних втрат тиску води у підводках до опалювальних приладів, які повинні становити не менше 70% від загальних втрат тиску в циркуляційних кільцях, без врахування втрат тиску в загальних ділянках.

Для кожної підводки до опалювального приладу перевірку здійснюють за нерівністю:

$$\frac{\Delta P_{к1} + \Delta P_{оп}}{\sum \Delta P} \geq \frac{30}{70} = 2,33$$

У разі невиконання зазначеної умови потрібно зменшити втрати тиску води в ділянках приладової вітки, відкоригувавши налаштування клапана в основному циркуляційному кільці вітки.

Зводимо до таблиці 2.4 та таблиці 2.5 додатку 1 гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.1.3. Підбір опалювальних приладів

Визначаємо необхідний потік тепла  $g$  (Вт/м<sup>2</sup>), за витратами тепла у приміщенні  $Q$  (Вт) та площі підлоги  $F$ (м<sup>2</sup>) [15,16]:

$$g=Q/F, \text{ Вт/м}^2.$$

Вибираємо крок труб  $b$  (м), для відповідного типу покрівлі, середньої температури води в спіралі, і температури повітря у приміщенні для якого ефективність тепла близька до визначеної вищенаведеної залежності.

Температура поверхні підлоги не повинна перевищувати допустиму температуру. Приймаємо температуру:

- для приміщення тимчасового перебування людей – 33<sup>0</sup>С;
- для жилого приміщення – 29<sup>0</sup>С;
- для пристінних граничних зон – 36<sup>0</sup>С.

Визначаємо масу потоку води для розрахункової спіралі:

$$m=\frac{1.1*Q}{4190*(tz-tp)}, \text{ кг/с.}$$

Питомі втрати тиску  $R$  (Па/м) обираємо із таблиці 2.6.

Визначаємо питомі втрати тиску в спіралі:

$$P = L_w * R, \text{ Па}$$

$L_w$  - довжину спіралі необхідно розраховувати за залежністю:

$$L_w = \frac{F}{b}, \text{ м}$$

$F$  - площа підлоги, м<sup>2</sup> ;

$b$  - розрахований крок спіралі, м.

Спіралі підключені паралельно до розподілення повинні мати однакову температуру подачі.

Якщо допустима температура підлоги перевищена, вибираємо більш нижчу або середню температуру води.

Площу підлоги  $F$  необхідно заповнити спіраллю з кроком  $b$ .

Визначаємо всі інші ділянки теплої підлоги за аналогічною методикою.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приклад розрахунку підлогового опалення для цокольного поверху на відмітці -3,840

Початкові дані:

- тепловтрати приміщення  $Q=25462353$  Вт;
- температура внутрішня  $t=20^{\circ}\text{C}$ ;
- площа поверхні полу  $F=386,20$  м<sup>2</sup>;
- покриття: кераміка  $R_w=0,1$  м<sup>2</sup>К/Вт;
- труба.

Визначимо  $g=2353/36,20=65$  Вт/м<sup>2</sup>.

Нехай  $t_s=50^{\circ}\text{C}$ , відповідно,  $t_w/t_o=55/45^{\circ}\text{C}$ .

Для коврового покриття  $R_w=0,1$  м<sup>2</sup>К/Вт і для  $g=65$  Вт/м<sup>2</sup> знайдено відстань між трубами  $b=0,25$  м і  $t_f=26^{\circ}\text{C}$ .

Температура підлоги не перевищує допустимої температури  $29^{\circ}\text{C}$ .

Довжина контура:

$$L_w=36,2/0,25=12772,4 \text{ м}$$

Поток води через контур:

$$m=1,1*2353/(4190*(55-45))=0,0668 \text{ (кг/с)}=240,48 \text{ (кг/год)}.$$

Цоколь (гладильна) 23,35м<sup>2</sup>

Контур №2-9  $L=110\text{м};$   $\epsilon=0,2\text{м}$

Пральня 12,58м<sup>2</sup> 4,89 м<sup>2</sup>

Контур №2-1  $L=68\text{м};$   $\epsilon=0,25\text{м}$

Розподільчий колектор №5 (3 контури)

Зимовий сад 20,3 м<sup>2</sup>

Контур №5-1  $L=66\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Ванна кімната

Контур №5-2  $L=51\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$   $F=9,61 \text{ м}^2$

Ванна кімната

Контур №5-3  $L=53\text{м};$   $\epsilon=0,25\text{м}$   $F=9,4 \text{ м}^2$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо для приміщень розміри контурів з параметрами в залежності від максимальної довжина одного контуру і втрат тиску в контурі:

Підлогове опалення:

Цокольний поверх

Контур №1-1  $L=78\text{м};$   $\epsilon=0,25\text{м}$

Контур №1-2  $L=108\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №1-3  $L=114\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №1-4  $L=58\text{м};$   $\epsilon=0,25\text{м}$

Контур №1-5  $L=89\text{м};$   $\epsilon=0,25\text{м}$

Контур №1-6  $L=67\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №1-7  $L=45\text{м};$   $\epsilon=0,25\text{м}$

Контур №2-5  $L=85\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №2-4  $L=81\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №2-6  $L=56\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №2-7  $L=82\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №2-8  $L=56\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №2-1  $L=68\text{м};$   $\epsilon=0,25\text{м}$

Контур №2-2  $L=37\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №2-3  $L=44\text{м};$   $\epsilon=0,10\text{м}$

I поверх

Контур №3-3  $L=20\text{м};$   $\epsilon=0,10\text{м}$

Контур №3-1  $L=52\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №3-2  $L=45\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №4-5  $L=72\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №4-4  $L=94\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №4-7  $L=63\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №4-6  $L=64\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №4-8  $L=44\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №4-1  $L=74\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контур №4-2  $L=55\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №4-3  $L=69\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №5-1  $L=66\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №5-2  $L=51\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №5-3  $L=53\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

### II поверх

Контур №3-4  $L=115\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №6-1  $L=41\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №6-2  $L=93\text{м};$   $\epsilon=0,20\text{м}$

Контур №7-1  $L=101\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №7-2  $L=26\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №7-3  $L=118\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №7-4  $L=37\text{м};$   $\epsilon=0,10\text{м}$

### III поверх

Контур №8-2  $L=65\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Контур №8-1  $L=64\text{м};$   $\epsilon=0,15\text{м}$

Заповнюємо поверхню полу  $36,2\text{м}^2$  гріючим контуром з кроком  $0,253\text{м}$ .

Визначаємо потрібну потужність опалювальних приладів:

$$Q_{\text{о.п}}=(Q_{\text{пр}}-0,05Q_{\text{тр}})*10\%,$$

$Q_{\text{тр}}$ - втрати тепла трубопроводами.

Втрати тепла трубопроводами визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{тр}}=q*L*(1-n),$$

$q$ -потік тепла для неізолюваних труб, який беремо з таблиці 5 [5];

$L$  - довжина трубопроводу;

$n$  - частка ізоляції - для труб, прокладених в товщі пола і закриті ізоляцією  $n=0.95$ ; для стояків закріплених і заізолюваних  $n=0.9$ .

Підбираємо за каталогом «Kermi» опалювальні прилади конвектори FKV22 та FKV33.

Результати підбору опалювальних приладів заносимо в таблицю 2.6, також вказуємо тип вибраного радіатора вибраного за каталогом «Kermi FKV».

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6

## Результати підбору опалювальних приладів

№	Приміщення	Поверх	Площа , м <sup>2</sup>	Тип опалювального приладу
1	2	3	4	5
1	Кладовка	Цокольний поверх (-3,840)	11,82	600-1000
2	Санвузел		6,57	600-700
3	Кладовка		6,57	600-1000 600-700
4	Кімната		19,95	600-1000
5	Вентиляційна камера		14,98	600-700
6	Електрощитова		7,9	600-1000 600-700
7	Домашній кінотеатр		66,51	600-800
8	Санвузел		5,00	600-1200
9	Кладова		8,13	600-1200
10	<b>Кухня</b>		36,20	600-800
11	Винний погреб		12,48	600-700
12	Кладова		7,90	600-1000 600-700
13	Роздягальня		8,94	600-800
14	Кімната		20,19	600-1200
15	Кімната для персоналу		41,99	600-1200 600-800
16	Ванна		5,72	600-700
17	Санвузел		4,89	600-1000
18	Кухня		12,58	600-700
19	Хозчастина			600-800
20	(постирочная)		17,47	600-1200 600-1200
21	Кридор		22,38	600-800
22	Кладова		5,27	600-1000
	Гладильная	23,35	600-700	
		7,90	600-700	

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

1	Гардеробна	I поверх (0,000)	8,1	600-1000
2	Зимовий сад		20,3	600-1400
3	Їдальня		28,36	600-600
4	Ванна кімната		7,28	600-1000
5	Міні гостинна		29,57	600-700
6	Спальня		54,28	600-800
7	Гардеробна		7,9	600-1000
8	Санвузол		2,07	600-700
9	Душова		9,39	600-600
10	Коридор		7,94	600-600
11	Кімната відпочинку		31,37	400-1200
12	Гостинна		71,3	600-1400
13	Кухня		33,08	400-1200
14	Кабінет		29,12	600-600
15	Вітальня		13,1	600-700
16	Санвузол		8,6	600-600
17	Спальня		18,97	600-600
18	Ванна кімната		9,6	600-1000
	Σ		390,31	
7	Спортзал, ігрова		125,55	500-900 500-1200
	Кімната		56,41	600-2000
8	Ванна кімната		20,19	500-1000
9	Гардероб		31,63	500-1200 500-1200
10	Кабінет-спальня		29,52	500-1400 500-1200
11	Кімната		17,73	500-600
12	Кімната (спальня хозяина)		68,8	500-1400
	Спальня		39,03	600-800

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14	Ванна		19,72	600-800
15	Кімната		63,97	600-1600
	Спальня		28,14	600-1200
	Ванна		16,75	600-800
	Спальня		39,6	600-1600
	Ванна		24,75	600-1600
	Σ		599,09	
	Кімната	ІІІ поверх (8,800)	33,78	500-600
	Кімната		11,02	600-800
	Санвузол		4,58	600-800
	Гостьова спальня		29,35	500-900
	Ванна		19,72	600-1200
	Σ		98,45	

### Радіатори Kermi FKV

Виробник з Німеччини, компанія Kermi, пропонує надійні сталеві панельні радіатори опалення моделі FKV (з нижнім підключенням), які використовуються в автономних системах опалення з різними видами труб: мідними, сталевими, пластиковими тощо. [17]






Для виготовлення радіаторів використовуються тільки високоякісні матеріали, що відповідають європейським стандартам якості, що забезпечує ефективний обігрів приміщення навіть при мінімальних температурах у системі. Опалювальні прилади цієї марки виготовляються за новою технологією TERM X2, що забезпечує послідовний потік.

Передня панель з'єднана з іншими за нею, що дозволяє потоку спочатку потрапляти в неї. Це сприяє енергозбереженню (до 11%), збільшенню випромінювання на 100%, підвищеній тепловіддачі, скороченню часу нагріву на 25% та економії енергії (до 6%).

Серед переваг також варто відзначити екологічність, довговічність, легкість монтажу, стійкість до перепадів тиску і температур.

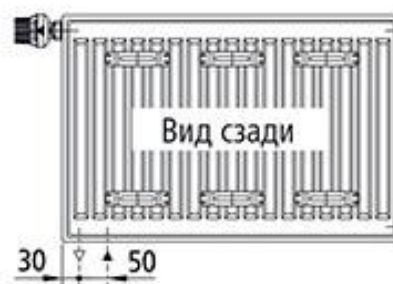
					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі радіатори проходять ретельну перевірку на міцність, а їх корпуси покриваються безпечним двошаровим лакофарбовим покриттям, стійким до механічних пошкоджень і стирання.

Артикул			Номер RAL рег.знак качества	Монтажная высота, (BH) мм	Монтажная длина, (BL) мм	Монтажная глубина, (BT) мм
<b>therm-x2 Profil-V (FTV)</b>						
Тип 10	Однопанельный. Без конвективного оребрения. Без боковых планок и верхней декоративной решётки.		0112	300 - 900	400 - 3000	61
Тип 11	Однопанельный. С одним рядом конвективного оребрения. С боковыми планками и верхней декоративной решеткой.		0113	300 - 900	400 - 3000	61
Тип 12	Двухпанельный. Один ряд конвек- тивного оребрения. С боковыми планками и верхней декоративной решёткой. С последовательным подключением панелей.		0114	300 - 900	400 - 3000	64
Тип 22	Двухпанельный. Два ряда конвек- тивного оребрения. С боковыми планками и верхней декоративной решёткой. С последовательным подключением панелей.		0116	200 - 900	400 - 3000	100
Тип 33	Трёхпанельный. Три ряда конвек- тивного оребрения. С боковыми планками и верхней декоративной решёткой. С последовательным подключением панелей.		0117	200 - 900	400 - 3000	155

Тип	BL	X	Y (BL ≥ 1800)
10	400	165 <sup>1)</sup> /100	
10	500 - 3000	165 <sup>1)</sup> /140	BL/2
11	400 - 3000	85	(BL 2300; BL/2 -17)
12 - 33	400	100	
12 - 33	500 - 3000	140	

<sup>1)</sup> только на стороне вентиля в радиаторах типа 10



#### Размеры подключения.

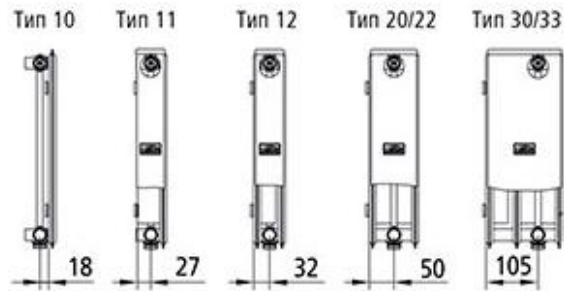
##### Плоские панельные радиаторы

Тип	B	C
Profil-HK	89	BH - 153
Plan-/Line-HK	94	BH - 158

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.



Сталеві радіатори Kermi FKO можна встановлювати як на стіну, так і на підлогу. Відповідно до способу кріплення, розрізняють два види:

1. підлогове кріплення;
2. настінне кріплення.

Настінне кріплення дозволяє надійно закріпити опалювальний прилад на стіні, а також правильно розташувати його відносно підвіконня та підлоги, що забезпечить ефективну тепловіддачу радіатора в подальшому.

### Регулятор тиску RP-4007



Регулятор перепаду тиску HERZ 4007 є пропорційним регулятором, який не потребує додаткового енергетичного живлення. Він використовується для регулювання та автоматичного підтримання перепаду тиску, а також для обмеження витрат у межах заданого діапазону, наприклад, у двотрубних системах опалення з встановленими термостатичними клапанами. Регулятор має чотири отвори Rp 3/8 з різьбовими заглушками.

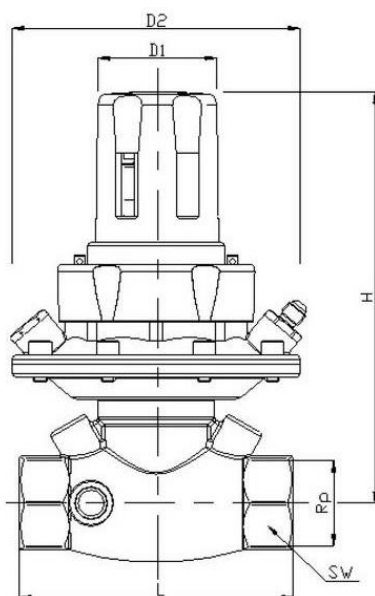
[18]

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

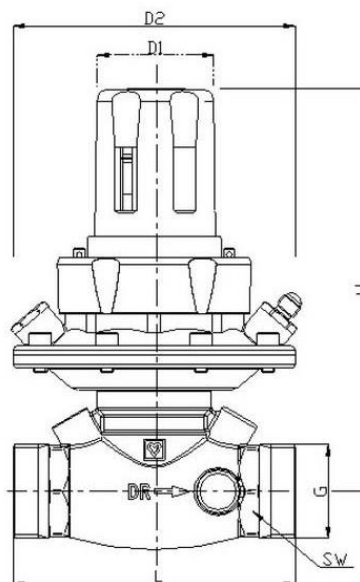
За допомогою регулятора перепаду тиску можна плавно налаштувати його в діапазоні від 50 до 300 МБар. Існує можливість в будь-який час зчитувати встановлене значення, а також блокувати його і опломбувати.

### Характеристики

Бренд	HERZ
Область застосування	для опалення
Призначення	регулююча арматура
При'єднання	муфтове
Матеріал корпусу	латунь



4007



4207

Номер заказа	DN	Rp	L	SW	H	D1	D2
1 4007 01	DN 15	1/2	100	27	170	50	125
1 4007 02	DN 20	3/4	100	32	170	50	125
1 4007 03	DN 25	1	120	41	180	50	125
1 4007 04	DN 32	1 1/4	140	50	185	50	125
1 4007 05	DN 40	1 1/2	150	55	185	50	125
1 4007 06	DN 50	2	165	70	196	50	125

Номер заказа	DN	G	L	SW	H	D1	D2
1 4207 01	DN 15	3/4	102	27	170	50	125
1 4207 02	DN 20	1	110	32	170	50	125
1 4207 03	DN 25	1 1/4	126	41	180	50	125
1 4207 04	DN 32	1 1/2	142	50	185	50	125
1 4207 05	DN 40	1 3/4	150	55	185	50	125
1 4207 06	DN 50	2 3/8	167	70	196	50	125

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Опалювальні прилади конвектори FKV22, FKV33

Типи розміри 500x500 – 12

500x800 – 4      500x900 – 2      500x1600 – 5      600x1600 – 1

500x1200 – 6      500x1100 – 4      500x1000 – 4      500x600 – 4

500x1400 – 2      500x700 – 6      600x800 – 1      500x400 – 3

FKV22 (1386 Вт)- 2

500x800 – 2      500x1000 – 4      500x700 – 4      500x1400 – 1

600x1200 – 3      500x500 – 3      500x1100 – 4      500x1400 – 7

Опалювальні прилади Dermad Retro 955      2/9 – 2      2/17 - 2

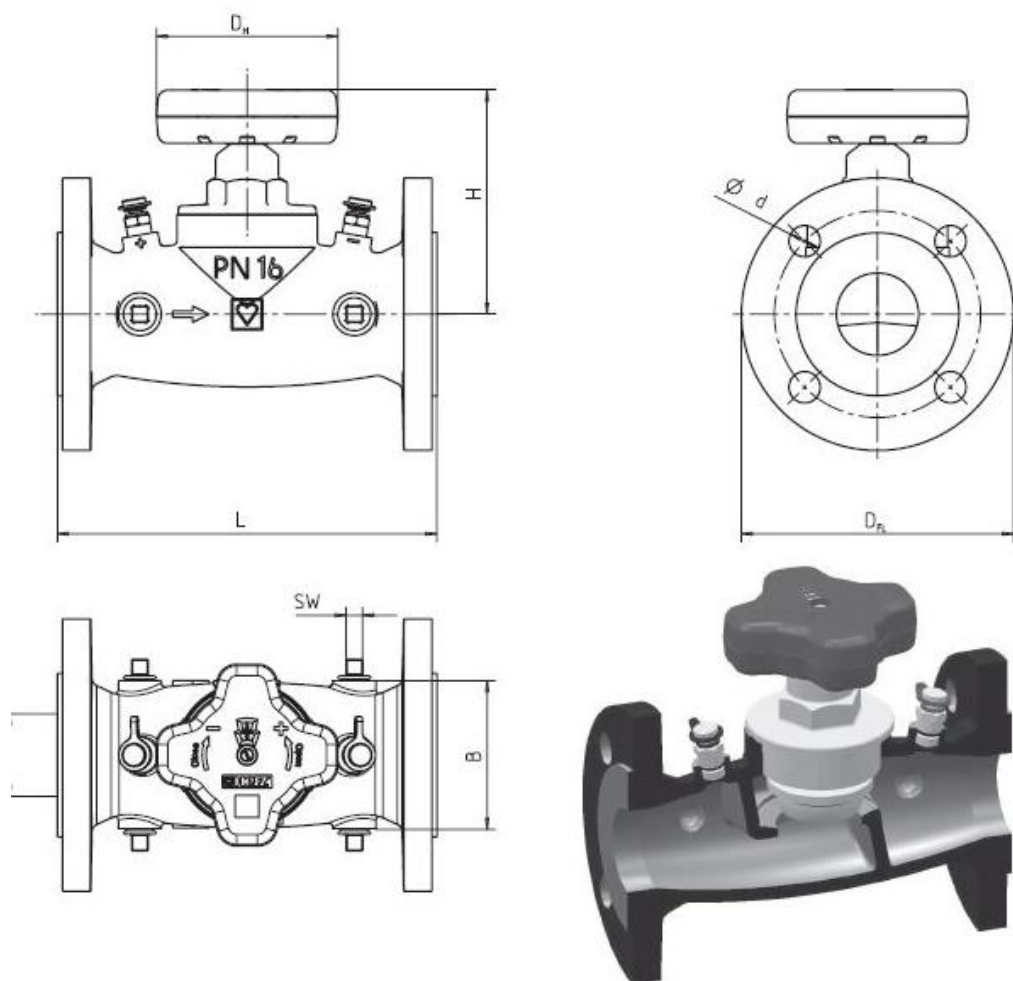
## Балансувальний клапан STROMAX

Балансувальний клапан STROMAX-GMF застосовується в системах холодопостачання та тепlopостачання для гідравлічного балансування окремих ділянок системи. Процес балансування полягає в налаштуванні вентиля на певний режим роботи. Налаштування проводиться вручну відповідно до норм і таблиць значень kvs:

DN	25	32	40	50	65	80	100	125	150
kvs	12,2	17,3	28,6	38	60,3	68,5	99,55	186,58	279,05
ступень	kv	kv	kv	kv	kv	kv	kv	kv	kv
0,5	0,35	1,15	1,40	2,70	8,36	11,50	0,00	1,58	8,75
1,0	0,75	1,90	2,50	7,80	11,56	15,90	12,35	4,36	17,50
1,5	1,15	2,65	3,60	12,90	14,76	20,30	18,04	10,72	26,08
2,0	1,90	3,40	4,70	18,60	17,80	24,69	23,74	17,08	34,66
2,5	4,10	4,15	5,95	22,60	20,15	27,74	29,84	20,27	38,27
3,0	6,30	4,90	7,20	27,80	22,50	30,60	35,96	23,45	41,88
3,5	7,70	7,35	9,85	29,30	26,55	36,10	42,56	24,93	44,53
4,0	9,10	9,80	12,55	31,60	31,60	41,70	49,20	26,41	47,17
4,5	9,80	12,40	16,05	33,60	38,10	50,70	51,10	28,09	50,34
5,0	10,50	15,00	19,70	35,50	43,90	60,30	53,00	29,77	53,50
5,5	10,55	15,80	21,60	37,15	47,40	62,00	57,50	32,57	57,43
6,0	10,65	16,60	23,50	37,84	51,00	63,78	61,96	35,37	61,36
6,5	10,70		25,15		53,85	65,88	66,86	38,62	66,14
7,0	11,50		26,80		56,70	67,80	71,81	41,87	70,92
7,5	11,53		27,30		58,50		77,11	46,01	76,30
8,0	11,53		27,80		60,30		82,42	50,14	81,68
8,5			28,20				87,77	54,94	87,87
9,0			28,60				93,20	59,74	94,06
9,5							99,55	65,47	100,52
10,0								71,19	106,98
10,5								78,53	114,74
11,0								85,87	122,50
11,5								95,99	132,72
12,0								106,10	142,93
12,5								117,92	155,86
13,0								129,73	168,79
13,5								141,12	181,98
14,0								152,51	195,17
14,5								162,60	207,69
15,0								172,69	220,21
15,5								179,64	233,05
16,0								186,58	245,88
16,5									255,72
17,0									265,56
17,5									272,31
18,0									279,05

					Кваліфікаційна робота магістра				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## Габарити клапана STROMAX-GMF



номер заказа 4218 GMF	DN	L	H	B	DH	DFL	D	d	SW 4-гранн
1 4218 43	25	160	110	58	71	115	25	14	10
1 4218 44	32	180	110	64	71	140	30	19	10
1 4218 45	40	200	110	72	71	150	40	19	10
1 4218 46	50	230	135	90	110	165	50	19	10
1 4218 47	65	290	145	112	110	185	65	19	10
1 4218 48	80	310	145	116	110	200	80	19	10
1 4218 49	100	350	190	158	190	220	100	19	10
1 4218 50	125	400	230	188	190	250	125	19	10
1 4218 51	150	480	264	212	190	285	150	23	10

Клапан STROMAX-GMF комплектується двома вимірювальними клапанами. Використовуючи вимірювальні комп'ютери HERZ 8900 або 8903, можна визначити витрату теплоносія через клапан, враховуючи його налаштування. Монтаж клапана необхідно здійснювати в суворій відповідності з рекомендаціями, наведеними в технічній документації.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2. Системи вентиляції та кондиціонування повітря

Розрахунок надходжень теплоти, вологи та шкідливих виділень [19]

Параметри зовнішнього повітря визначені для теплого та холодного періодів:

Для теплого періоду:

-  $t_{in} = 23,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

-  $I_{in} = 53,6 \text{ кДж/кг}$ .

Для холодного періоду:

-  $t_{in} = -22 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

-  $I_{in} = -20,7 \text{ кДж/кг}$ .

Параметри повітря в приміщеннях встановлені відповідно до вимог завдання, щоб забезпечити допустимі умови в робочій зоні:

Для теплого періоду, температура у робочій зоні:

$$t_{wz} = t_{in} + gradt = 23,7 + 4 = 27,4 \text{ }^\circ\text{C} ;$$

швидкість руху повітря – 0,3 м/с; відносна вологість – 60%.

Для холодного періоду: температура –  $t_{wz} = +18 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

швидкість руху повітря – 0,2 м/с; відносна вологість – 60%.

Для приміщення басейну прийняті такі внутрішні параметри:

Для теплого періоду: температура –  $+28 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

швидкість руху повітря – 0,2 м/с; температура води у басейні –  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

відносна вологість – 60%.

Для холодного періоду: температура –  $+28 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

швидкість руху повітря – 0,2 м/с; температура води у басейні –  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

відносна вологість – 60%.

Для забезпечення оптимальних умов у робочій зоні прийняті параметри повітря у приміщеннях відповідно до вимог завдання [20]:

Для теплого періоду: температура у приміщенні  $t=22 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидкість руху повітря – 0,3 м/с; відносна вологість – 50%.

Для холодного періоду: температура – +18 °С;

швидкість руху повітря – 0,2 м/с; відносна вологість – 50%.

Визначаємо параметри повітря у приміщеннях яке видаляється:

Для теплого періоду:

$$t_l^{mn} = t_{wz} + gradt \times (H - h_{wz}) = 27,4 + 0,5 \times (3,5 - 1,5) = 28,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$H$  – висота приміщення, м;  $h_{wz}$  – висота робочої зони, м.

Для холодного періоду:

$$t_l^{xn} = t_{wz} + gradt \times (H - h_{wz}) = 18 + 0,5 \times (3,5 - 1,5) = 19^\circ\text{C}.$$

Приміщення басейну.

Визначаємо кількість вологи, яка випаровується з поверхні басейну:

$$M_{H_2O} = (a + 0,131 \times g_g) \times (p_{пов} - p_{оточ}) \times \frac{101,325}{B} \times F, \text{ кг/год};$$

$a = 0,2$  – коефіцієнт, який залежить від температури поверхні випаровування;

$p_{пов}$ ,  $p_{оточ}$  – парціальні тиски водяного пару, відповідно при температурі поверхні випаровування рідини і повному насиченні і в оточуючому повітрі, кПа;

$B$  – барометричний тиск, кПа;

$u_B$  – швидкість повітря над поверхнею випаровування, м/с;

$F$  – площа поверхні випаровування, м<sup>2</sup>.

$$M_{H_2O} = (0,216 + 0,131 \times 0,2) \times (p_{пов} - p_{оточ}) \times \frac{101,325}{101} \times 10 = 850 \text{ кг/год}.$$

Повітрообмін для житлових приміщень котеджу визначається за санітарними нормами на людей або за кратністю та наведений у таблиці 2.7

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7

## Повітрообмін приміщень

№	Назва приміщення	Об'єм, м <sup>3</sup>	Кратність	Кількість людей	Повітрообмі н, м <sup>3</sup> /год
1	2	3	4	5	6
1	Спортзал, ігрова	622	-	3	280
2	Приміщення басейна	140	6	-	840
3	Кімната відпочинку	125,5	3	-	380
4	Домашній кінотеатр		-	6	240
5	Кабінет-спальня		-	2	120
6	Більярдна	165	4	-	660
7	Салон	-	-	3	120
8	Вітальня	52	-	6	312
9	Їдальня	113,5	-	3	340
10	Бібліотека	-	-	3	120
11	Кабінет	-	-	2	120
12	Спальня	-	-	2	120
13	Спальня	-	-	2	120
14	Зимовий сад	-	-	2	120
15	Спальня	121,8	-	2	120
16	Кімната (спальня хозяина)	-	-	2	120
17	Спальня	-	-	2	120
18	Спальня	-	-	2	120

В зимовий час слід забезпечити підігрів припливного повітря в системі припливної вентиляції.

Визначаємо кількість тепла, яка необхідна для підігріву зовнішнього повітря:

$$Q = k \times L \times \rho \times c \times (t_{вн} - t_{ін}) \text{Вт,}$$

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k$  – коефіцієнт запасу;  $L$  – витрата повітря, м<sup>3</sup>/год;  $\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  – теплоємність повітря, кДж/(кг×°С);  $t_{вн}$  – внутрішня температура у приміщенні, °С;  $t_{ін}$  – зовнішня температура, °С.

Так, розрахунок теплового балансу приміщення дійсно виконується за умови теплової рівноваги, коли температура огорожень (стін, вікон, стель) та обладнання залишається сталою. Це означає, що всі теплові потоки, які входять до приміщення (наприклад, від опалювальних систем, сонячного випромінювання, тепла від людей і техніки) і виходять з нього (через вентиляцію, теплопередачу через огороження, витоки тощо), повинні бути в рівновазі.

Рівняння теплового балансу приміщення:

$$\Delta Q = \sum_{i=1}^n Q_{надi} - \sum_{j=1}^m Q_{впрj}$$

У тепловому балансі приміщень, в залежності від їх типу (сухі або вологі), використовуються різні підходи до розрахунків. [21]

У сухих приміщеннях, де немає надходження водяної пари, тепловий баланс розраховується з використанням явної теплоти. Явна теплота ( $Q_{л}$ ) — це теплота, яка передається в приміщення внаслідок променисто-конвективного теплообміну між людьми та навколишнім середовищем.

У вологих приміщеннях, де є надходження водяної пари, тепловий баланс враховує як явну, так і приховану теплоту. Прихована теплота пароутворення ( $Q_{пр.л}$ ) — це теплота, яка необхідна для перетворення води з рідкого стану в пар, без зміни температури.

Визначаємо повна кількість теплоти від людей, яка надходить у приміщення [3]:

$$Q_{л\ hf} = \sum_{i=1}^n q_{hfi} \times n_i$$

$q_{hfi}$  – питома виділення повної теплоти однією людиною, Вт/люд; (береться залежно від інтенсивності праці та температури робочої зони);  $n_i$  – число людей у приміщенні з даною інтенсивністю навантаження, люд.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо явну кількість теплоти від людей:

$$Q_{л} = \sum_{i=1}^n q_i \times n_i$$

Визначаємо теплонадходження від освітлення:

$$Q_{осв} = F \times N_{нит} \times \eta_{осв}$$

$F$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup>;

$N_{нит}$  – питома потужність освітлювальних ламп, Вт/м<sup>2</sup> ;

$\eta_{осв}$  – коефіцієнт, який враховує надходження теплоти у робочу зону приміщення від світильників різного типу: люмінесцентних світильників-0,55; розжарювання-0,85.

Визначаємо теплонадходження у приміщення через світлові прорізи та дахові покриття, суміщені з перекриттям, за рахунок сонячної радіації:

$$Q_{ср} = F_{пр} \times q_{ср}^{пр} + F_{пер} \times q_{ср}^{пер}$$

$F_{пр}$  та  $F_{пер}$  – сума площ, м<sup>2</sup>, відповідно, світлових прорізів та перекриття, суміщеного з покриттям;

$q_{ср.р.}^{пр}$  та  $q_{ср.р.}^{пер}$  – питомі теплонадходження, Вт/м<sup>2</sup>, за рахунок сонячної радіації через світлові прорізи та покриття, суміщене з перекриттям.

У розрахунках  $q_{ср.р.}^{пр}$  та  $q_{ср.р.}^{пер}$  береться залежно від орієнтації прорізу відносно сторін світу, типу та характеристики засклення прорізу, а також географічної широти розташування об'єкту.

Визначаємо теплонадходження від людей:

$$Q_{лhf} = \sum_{i=1}^n q_{hfi} \times n_i \text{ Вт,}$$

$q_{hf} = 129$  ккал/год;  $n = 2$  чол.

Визначаємо теплонадходження від штучного освітлення:

$$Q_{осв} = F \times N_{нит} \times \eta_{осв} \text{ Вт,}$$

$F = 32,7$  м<sup>2</sup>;  $N_{нит} = 10$  Вт/м<sup>2</sup>;  $\eta_{осв} = 0,55$ .

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплонадходження у приміщення через світлові прорізи та дахові покриття, суміщені з перекриттям, за рахунок сонячної радіації:

$$Q_{cp} = F_{np} \times q_{cp}^{np} + F_{nep} \times q_{cp}^{nep} \text{ Вт,}$$

$$F_{np}=12 \text{ м}^2; \quad q_{cp}^{np}=186 \text{ Вт/м}^2.$$

Загальна кількість теплоти, яка надходить у приміщення бібліотеки і яку потрібно літом поглинути (асимілювати), літом становить:

$$\Sigma Q = Q_{л h} + Q_{cp} \text{ ,Вт}$$

Розраховуються всі інші приміщення котеджу за аналогічною методикою. Результати у таблицю 2.8.

Таблиця 2.8

Результати розрахунків теплонадходжень у приміщенні котеджу

№	Приміщення	Поверх	Q, кВт
1	2	3	4
1	Домашній кінотеатр	Цокольний поверх	5,7
2	Спальня		2,4
3	Спальня		2,3
4	Кімната	I поверх	3,3
5	Вітальня, зимовий сад		4,9
6	Їдальня		3,3
7	Бібліотека		3,1
8	Кабінет		2,3
9	Зимовий сад		3,3
10	Спальня	II поверх	3,0
11	Спальня		3,1
12	Спортзал, ігрова		3,3
13	Спальня		3,2
14	Гостьова спальня	III поверх	2,5
15	Спальня		2,4
16	Спальня		2,3

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2.1 Аеродинамічний розрахунок

Виконується методика розрахунку системи вентиляції наступним чином [22]:

- Розбивка на ділянки: важливо визначити основну магістраль, яка забезпечує найбільше навантаження. Магістраллю приймаємо найвіддаленішу і найнавантаженішу ділянку, інші ділянки системи вентиляції – відгалуження. Це дозволяє спростити розрахунки та зосередитися на найбільш критичних ділянках системи.

- Нумерація ділянок: Нумерація допомагає організувати роботу та уникнути плутанини під час розрахунків. Кожній ділянці потрібно присвоїти унікальний номер для подальшого аналізу.

- Підрахунок витрати повітря: Витрата повітря в кожній ділянці системи може бути розрахована на основі потреби в вентиляції для конкретних приміщень, а також враховуючи правила та норми, що регулюють вентиляцію (наприклад, норми для житлових, офісних чи виробничих приміщень).

- Визначаємо довжину кожного відрізка.

- Обираємо розмір перерізу повітроводів так, щоб швидкість відповідала нормативам.

Визначаємо швидкість виходячи з рівняння повітрообміну  $L = 3600F\omega$ , (витрата повітря на цій ділянці 2040 м<sup>3</sup>/год) :

$$\omega = \frac{2040}{3600 \times 0,14}$$

Таким чином, ми бачимо, що переріз повітропроводу 400x350 мм для ділянки 5 підходить, оскільки швидкість перебуває в межах допустимих значень.

- Використовуючи відомі дані про витрати та діаметри, розраховуємо втрати тиску на тертя на 1 м довжини повітропроводу та динамічний тиск.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Визначаємо  $\sum \xi$ , використовуємо таблиці значень місцевих опорів втрати тиску в місцевих опорах:

$$z = \sum \xi P_{\partial} , \text{ Па};$$

- Визначаємо сумарні втрати тиску в місцевих опорах та на тертя (на ділянках та по всій магістралі).

- Ув'язуємо відгалуження (відносна нев'язка втрат тиску):

$$A = \frac{\Delta P_{\text{маг}} - \Delta P_{\text{отв}}}{\Delta P_{\text{маг}}} \times 100\% \leq 10\%$$

Проектом передбачено подачу зовнішнього повітря з попередньою обробкою в припливних камерах.

Подача зовнішнього повітря в приміщення цокольного поверху виконується за допомогою однієї припливної установки. Припливна вентиляційна система П1 і витяжна система В1 обслуговують приміщення з високим рівнем вологості від басейну та димом від куріння в більярдному залі, забезпечуючи необхідний повітрообмін у робочій зоні.

Ця система виконує функцію загальнообмінної припливної та витяжної системи.

Видалення повітря з верхніх зон для забезпечення необхідного повітрообміну здійснюється через решітки. Повітроводи виготовлені з оцинкованої сталі прямокутного перерізу.

Після визначення необхідного повітрообміну в приміщеннях і проведення аеродинамічного розрахунку прийнятої системи вентиляції, здійснюється підбір відповідної припливної установки за допомогою розрахункової програми.

Необхідно вказати вихідні дані для підбору припливної установки: - кількість повітря (за розрахунком повітрообміну); - наявний напір у системі вентиляції (з аеродинамічного розрахунку); - джерело теплоти та параметри теплоносія (водяний теплоносій – 90/70 °С); необхідність повітряного фільтра. На основі цих даних здійснюється підбір припливної установки.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підбору витяжної установки враховуються: - кількість повітря (за розрахунком повітрообміну); - наявний напір у системі вентиляції (з аеродинамічного розрахунку); - необхідність повітряного фільтра. На основі цих даних виконується підбір витяжної установки.

## 2.2.2 Підбір обладнання

Сучасна система вентиляції та кондиціонування ER100GVZ, FWD06, FWD16 передбачена для котеджів. За технічними характеристиками система порівняна з VRV. [23]

Можливість підключення до 7-ми внутрішніх блоків з 25 по 71 клас як інверторного типу побутової серії, так і традиційних блоків SKY серії. Гнучкість у виборі місця установки блоків: загальна довжина траси до 115 м, перепад висот до 30 м.

Широка гама (по дизайні - до 6 типів і в сумі до 21 моделі) внутрішніх блоків з унікальними споживчими функціями: функція "розумне око"; функція "комфортний сон"; програми охолодження, нагрівання, осушки, економічної і безшумної роботи. Рівень шуму внутрішніх блоків від 26дба.

Застосовано новий овальний спіральний компресор підвищеної ефективності і нові ґрати на зовнішньому блоці, що знижує рівень шуму на 4-5 дба. Малі габарити, вага і низький рівень шуму зовнішнього блоку (від 50 дБА) дозволяють установити його навіть на лоджії або на кронштейні за вікном. Однофазне електроживлення 220 В 50 Гц, автомат захисту (запобіжник) на 30 А. Спеціальна обробка конденсатора зовнішнього блоку за новою технологією в 5~6 разів підвищує стійкість до впливу кислотних дощів і солі.

У системі кондиціонування планується застосувати внутрішні блоку каналного типу, які будуть розміщуватися за підвісною стелею. Використання внутрішніх блоків типу у системи кондиціонування, дозволяє сумістити систему кондиціонування та вентиляції.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повітропродуктивність кондиціонерів становить 720 – 840 м<sup>3</sup>/год. Забір зовнішнього повітря для кондиціонерів типу становить 20% від загальної повітропродуктивності, тобто 140 – 170 м<sup>3</sup>/год, решта кількість повітря є рециркуляційною. Наведена норма зовнішнього повітря забезпечує необхідну санітарну норму повітря на кожну людину.

Додаткове внутрішнє обладнання буде розміщене за підвісною стелею. Крім того, використання системи дозволяє зменшити кількість зовнішніх блоків, так як на кожний зовнішній блок можна приєднати до 7-ми внутрішніх блоків.

Перевагою використання системи являється те, що користувач може змінювати температуру в кожному приміщенні за допомогою індивідуального інфрачервоного пульта управління.

### ***Канальний вентиляторів Ostberg SK 250 C***

Шведська компанія Ostberg, відома з 1981 року як один із провідних виробників обладнання для вентиляційних систем, має широкий асортимент продукції, включаючи каналні та промислові вентилятори, а також припливно-витяжні установки. [24]

Ця різноманітність дозволяє успішно вирішувати практично всі сучасні завдання з вентиляції приміщень. Високий стандарт якості, поєднаний із конкурентними цінами, призводить до популярності вентиляторів Ostberg серед широкого кола споживачів, проектувальників та будівельних організацій.

Вентилятори Ostberg – це шведське якість, широкий асортимент моделей та високі технічні характеристики.



					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вентилятори Ostberg СК 250 мають різні розміри від 100 до 315 мм (для моделей LPK від 100 до 200 мм) і призначені для встановлення у круглі канали.

Усі вентилятори оснащені асинхронними двигунами з зовнішнім ротором та ущільненими підшипниками для збільшення терміну їхньої служби. Корпус виготовлений із гальванізованої сталі.

Щоб зменшити рівень шуму, кришка вентилятора LPKI має шар ізоляції товщиною 30 мм. Вентилятори можна встановлювати у будь-якому положенні, а швидкість можна регулювати від 0 до 100% шляхом зміни напруги, яка постачається, за допомогою безкрокового тиристора або п'ятиступінчастого трансформатора.

Декілька вентиляторів можна підключити до одного тиристора або трансформатора, за умови, що загальний робочий струм вентиляторів не перевищує номінальний струм тиристора або трансформатора.

Усі двигуни мають вбудований термодатчик з автоматичним перезапуском.

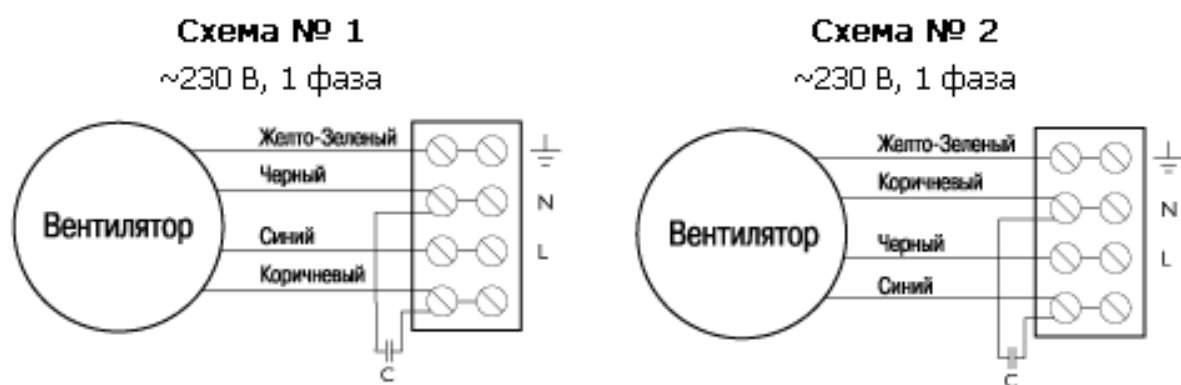


Схема підключення

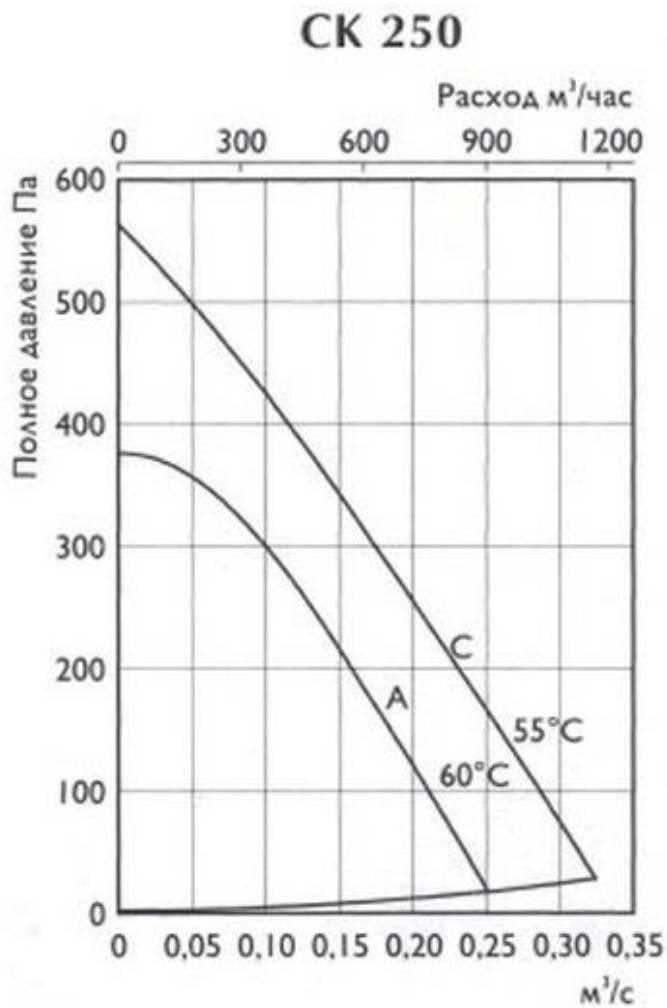
					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Технічні характеристики вентиляторів Ostberg СК

Тип вентилятора	Напряження, В/Гц	Ном. мощн., Вт	Ток, А	Частота вращ., об/мин	Макс, t, °С	Размери, мм			вес, кг	ПОАКЛІ	
						a	b	d		D	
СК 100А	230/50	41	0,18	1900	85	20	146	100	242	2,9	2
СК 100С	230/50	70	0,32	2460	70	20	146	100	242	2,9	1
СК 125 А	230/50	42	0,19	1700	85	20	150	125	242	2,9	2
СК 125С	230/50	72	0,33	2360	70	20	150	125	242	2,9	1
СК 160В	230/50	71	0,31	2410	70	26	145	160	272	3,2	1
СК 160С	230/50	100	0,44	2480	65	28	177	160	344	4,3	1
СК 200 А	230/50	115	0,50	2580	60	28	172	200	344	4,6	1
СК 200 В	230/50	158	0,69	2500	60	28	172	200	344	5,1	1
СК 250 А	230/50	115	0,50	2580	60	28	172	250	344	4,6	1
СК 250 С	230/50	185	0,81	2420	55	28	172	250	344	5,3	1
СК 315 В	230/50	190	0,84	2465	50	28	199	315	402	6,1	1
СК 315С	230/50	284	1,24	2370	50	28	199	315	402	6,5	1

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Графік продуктивності та підбору робочої точки Ostberg CK 250 C



### **Циркуляційний насос Wilo-Star-RS 25/6 180**

Насос Wilo-Star-RS 25/6 180 має мокрий ротор і може бути встановлений на трубопроводі з ручним 3-ступеневим перемиканням обертів. Він також оснащений блокуванням двигуна від струмів. [25]

Корпус насоса виготовлений зі сірого чавуну (в залежності від типу - також може бути ливарною бронзою), робоче колесо зроблене зі склопластика, а вал має високоякісну сталь та підшипники ковзання з металонасиченого графіту. Цей насос може бути використаний у системах холодної води до -10°C.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Експлуатаційна безпека завдяки просвердленому валу та блоку фільтрів перед втулкою.

Переваги: -насадка під ключ на корпусі насоса; -можливість підведення кабелю з обох сторін; -швидке з'єднання за допомогою пружних клем; -стійкий до струмів блокування двигун.

#### Технічний паспорт

##### Дані гідравлічні:

- максимальний робочий тиск  $P_N$  10 бар;
- максимальна температура середовища  $T_{max}$ : 110 °С;
- мінімальна температура середовища  $T_{min}$ : - 10 °С.

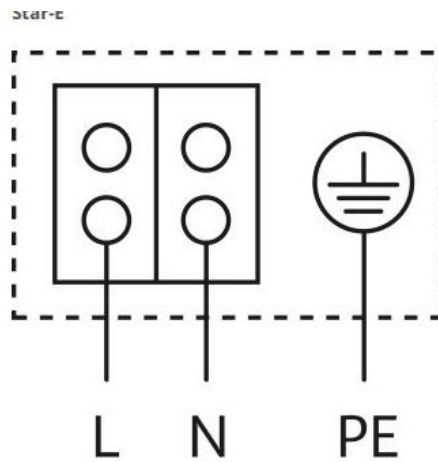
Матеріали: корпус насоса – чавун; робоче колесо - PP-GF40; вал - нержавіюча сталь; матеріал підшипника - металонасичений графіт.

##### Дані двигуна:

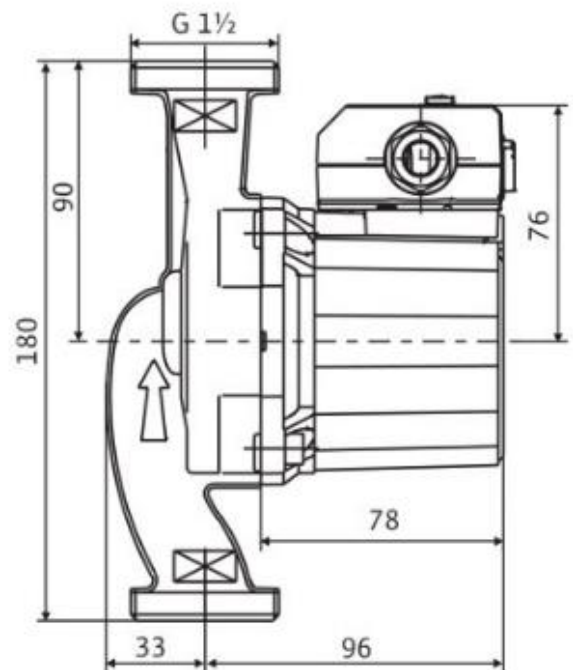
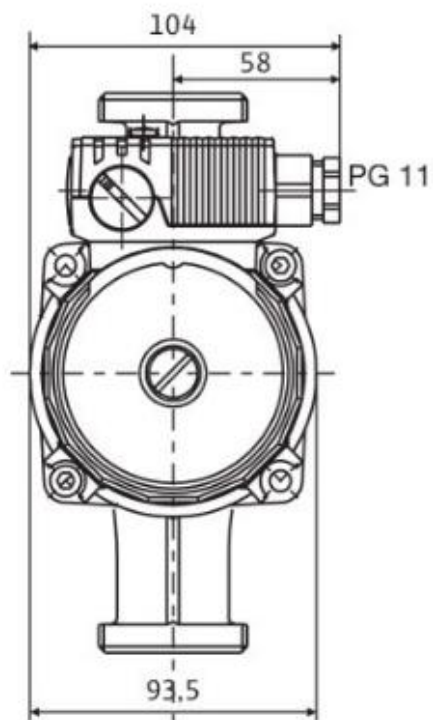
- під'єднання до мережі: 1~230 V, 50 Hz;
- максимальне число обертів  $n_{max}$ : 1900 1/min;
- споживана потужність  $P_1$  ( $Q = \text{макс.}$ ) вибраного робочого колеса  $\times$  кількість насосів  $P_1$ : 99 Вт;
- номінальний струм  $I_N$ : 0,43 А;
- випромінення перешкод: EN 61000-6-3;
- стійкість до перешкод: EN 61000-6-2; клас захисту двигуна: IP44.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Монтажні розміри: -під'єднання до трубопроводу зі всмоктуючої сторони:  $G 1\frac{1}{2}$ ; -монтажна довжина  $l_0$ : 180 мм



Стійкий до струмів блокування двигун  
**Однофазний двигун** (ЕМ) 2-полюсний - 1~230 В, 50 Гц  
 із вбудованим конденсатором



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота магістра

Арк.

## Технічний паспорт

### Гідравлічні дані

Максимальний робочий тиск $P_N$	10 бар
Мінімальна температура середовища $T_{\min}$	-10 °C
Максимальна температура середовища $T_{\max}$	110 °C

### Матеріали

Корпус насоса	Чавун
Робоче колесо	PP-GF40
Вал	Нержавіюча сталь
Матеріал підшипника	металонасичений графіт

### Дані двигуна

Під'єднання до мережі	1~230 V, 50 Hz
Номинальний струм $I_N$	0,43 A
Максимальне число обертів $n_{\max}$	1900 1/min
Споживана потужність $P_1$ ( $Q = \text{макс.}$ ) вибраного робочого колеса $\times$ кількість насосів $P_1$	99 Вт
Випромінення перешкод	EN 61000-6-3
Стійкість до перешкод	EN 61000-6-2
Клас захисту двигуна	IP44

### Монтажні розміри

Під'єднання до трубопроводу зі всмоктуючої сторони	G 1½
Монтажна довжина $l_0$	180 мм

### **Припливно-витяжна установка Daikin VAM 800 FC**

Daikin VAM 800 FC: компактність; низький рівень шуму; рівномірний розподіл повітря; функція рекуперації; висока енергоефективність; нахисне покриття корпусу; додаткові режими. Тип установки: стельовий; Витрата повітря: 800 м<sup>3</sup>/година; Рекуператор: Пластинчастий; Ефективність рекуперації: 77%; Потужність що споживається: 0.32 кВт; Виробництво: Японія. [26]

Переваги вентиляційної системи Daikin VAM 800 FC полягають у тому, що вона забезпечує приміщення свіжим повітрям і видаляє відпрацьований та забруднений. Цей пристрій підходить для використання в приватних будинках, котеджах, квартирах та інших приміщеннях.

Висока якість Daikin VAM 800 FC була підтверджена рекомендаціями фахівців, які стверджують, що систему можна встановлювати в об'єктах з підвищеними вимогами до шуму та ефективності. Продуктивність системи становить 800 м<sup>3</sup>/год.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливості пристрою полягають у тому, що вона рахує температуру та вологість разом з припливним повітрям за допомогою рекуперації тепла. Рекуператор забирає приблизно 77% тепла, що споживається потоком повітря та забезпечує відмінну циркуляцію повітря протягом року, зменшуючи навантаження на кондиціонування та опалення.

Крім особливостей системи, серед переваг Daikin VAM 800 FC слід відзначити можливість спільної роботи кондиціонера та вентиляційного пристрою, що покращує роботу кліматичної системи.

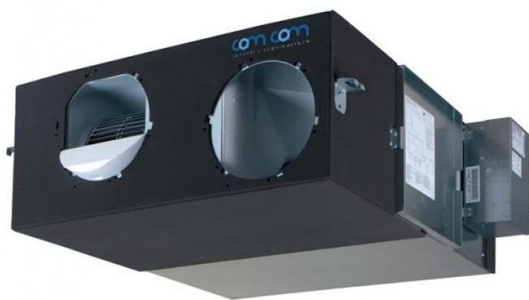
Також система припливу та витяжки VAM 800 FC дуже тиха завдяки мінливому теплообміннику з опором та покращеним звукоізоляційним шаром, що дозволяє знизити рівень шуму на 2 дБ до 36 дБ.

Уплотнені розміри та знижена на 20 відсотків вага обладнання допомагають уникнути складнощів із пошуком місця для встановлення та системи кріплення. Повітряні потоки рухаються паралельно по горизонталі. Припливний та витяжний патрубкі знаходяться у тій же секції, сприяючи уникненню помилок під час підключення до вентиляційних каналів.

Серед інших функцій можна відзначити попереднє опалення та охолодження, вентиляцію, автоматичний вибір режиму тощо. Okремо варто відзначити функцію акумулювання тепла, яка ефективно видаляє відпрацьоване повітря лише вночі.

Основні характеристики припливно-витяжна установка Daikin VAM 800FC: витрата повітря 800 м<sup>3</sup>/год; потужність що споживається 0.32 кВт; рекуператор – пластинчастий; ефективність рекуперації тепла 77%; діапазон температур від -15 °C до +50 °C; додаток F8, M6; електроживлення 220 В; діаметр повітроводів, що підключаються 250 мм; управління - вбудована автоматика.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		



Система припливно-витяжної вентиляції Daikin VAM 1000 FC швидко і ефективно наповнює невелике приміщення по периметру чистим повітрям. Обладнання ідеальне для квартир, будинків, дач, котеджів. Цей агрегат можна встановити навіть там, де вимоги до рівня шуму та ефективності вентиляції суттєво збільшені. Система вентиляції Daikin VAM 1000 FC також може видаляти забруднене повітря із приміщення. Продуктивність до 1000 м<sup>3</sup>/год.

Робота системи ґрунтується на рекуперації тепла. У приладі враховуються температурні показники та кількість вологості у повітрі, що надходить до кімнати. Система рекуперації передає 77% тепла від відпрацьованого повітряного потоку повітря припливу. Це оптимізує перепад температур та забезпечує високий рівень ефективності вентиляції як влітку, так і взимку. Також це знижує навантаження на роботу систем кондиціонування та опалення.

Система має безліч особливостей, однією з яких є рекуператор Daikin із високим вологопоглинанням. Це дозволяє теплообміннику ефективно передавати приховане тепло повітря, що входить. Рекуператор виконаний із міцного, вогнестійкого та стійкого до плісняви матеріалу.

Переваги цього нового пристрою включають винятково низький рівень шуму за рахунок нового теплообмінника з низьким опором і покращеної системи звукоізоляції, що забезпечує рівень шуму на рівні 37 дБ. Компактні розміри та мала вага пристрою спрощують його монтаж.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повітряні потоки у пристрої подаються у горизонтальному напрямку паралельно один одному, і патрубки подачі та відведення повітря розташовані на одній лінії, що забезпечує легке підключення до каналів вентиляції. Додаткові функції включають попереднє обігрів та охолодження приміщення, автоматичний вибір режимів, акумулювання тепла та інше.

### ***Канальний фанкойл Daikin FWD18***



#### **Характеристика:**

Площа приміщення - 171 – 200 м<sup>2</sup>;

Холод - 18 кВт;

Тепло - 21,11 кВт;

Напруга - 220 В;

Виробництво повітря - 1800 м<sup>3</sup>;

Розміри - 1384x718x352 мм;

Вага - 80 кг;

Тип підключення - 4-х трубний;

Бренд - Daikin; Країна виробник – Бельгія.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У системі використовується спеціально розроблений скрол-компресор з приводом постійного струму, що втілює в собі 9 років наполегливої праці японських вчених. Жодна інша компанія у світі не має компресора під такою назвою.

Користувач отримує ряд переваг, включаючи відсутність потреби в обслуговуванні під час експлуатації, найвищу надійність, практичну безшумність, зменшення споживання електроенергії на 30%, можливість роботи у однофазній електричній мережі та відсутність пускових струмів.

Основна перевага полягає у здатності забезпечувати постійну температуру у приміщеннях і переміщувати охолоджене повітря до необхідних приміщень.

Згідно з проведеним розрахунком теплових навантажень у приміщенні та визначенням потоку повітря, застосовуючи технічні дані для мульти-спліт системи RMX, виконується підбір необхідних внутрішніх блоків типу CDX з каналною конструкцією. Кількість зовнішніх блоків визначається за загальною потужністю внутрішніх блоків  $Q_{\Sigma\text{внут.}}$ , де  $N = Q_{\Sigma\text{внут.}}/18,5$ .

Максимальна потужність зовнішнього блоку мультизональної спліт системи - 18,5 кВт. Для відведення тепла, яке надходить в приміщення, необхідно використати три зовнішні блоки RMX 140.

Розподіл фреонового потоку між внутрішніми блоками здійснюється за допомогою VR блоків - VRMK928 з двома і трьома виходами. Це дозволяє зменшити гідравлічний шум в системі і скоротити витрату труб.

Фреон переміщується по мідних трубках у мультизональній спліт-системі RMX. Кожному внутрішньому блоку типу CDX надається необхідна кількість зовнішнього повітря відповідно до санітарних норм (40-60 м<sup>3</sup>/год на одну людину). Це повітря поступає через оцинковані повітроводи зовнішньої системи з вуличних повітрозабірних решіток.

Типи внутрішніх блоків для приміщень котеджу наведені у таблиці 2.9.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9

№	Найменування приміщення	Кількість повітря за сан.нормою, м <sup>3</sup> /год	Тип внутрішнього блоку	Повітропродуктивність внутрішнього блоку кондиціонера по зовнішньому повітрю, м <sup>3</sup> /год	Загальна повітропродуктивність внутрішнього блоку
1	2	3	4	5	6
	I поверх				
1	Кімната	120	CDX-25	150	780
2	Бібліотека	120	CDX-25	150	780
3	Вітальня	240	CDX-25	300	2x780 (1560)
4	Їдальня	120	CDX-25	150	780
	II поверх				
5	Спальня	120	CDX-25	150	780
6	Спальня	120	CDX-25	150	780
7	Спальня	120	CDX-25	150	780
8	Зимовий сад	120	CDX-25	150	780
9	Спальня	120	150	150	780
	III поверх				
0	Кінозал	120	CDX-50	170	840
1	Спальня	120	CDX-25	120	780
2	Спальня	120	CDX-25	120	780

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У проєкті будівництва індивідуального житлового будинку передбачається розробка систем вентиляції та кондиціювання (охолодження).

Вентиляційні системи будуть встановлені в усіх приміщеннях будинку, включаючи приміщення на цокольному поверсі, яке знаходиться на висоті - 3,840 метрів.

Згідно з планом розташування приміщень на цьому поверсі будинку, тут розміщені кімнати: домашній кінотеатр, хозчастина, венткамера, електрощитова, кімнати для персоналу, санвузли, кухні та роздягальні.

З урахуванням призначення цих приміщень і необхідного повітрообміну (у приміщеннях басейну, більярдного залу, домашнього кінотеатру, спортзалу та ігрової кімнати) впорядковано подачу зовнішнього повітря за допомогою приточної установки.

Висока вологість у приміщенні басейну спричиняє утворення конденсату на стінах, стелях та інших елементах будівлі, що може завдати їм шкоди та сприяти появі плісняви. Щоб забезпечити необхідні умови температури та вологості у приміщенні басейну, необхідна встановлення припливно-витяжної системи вентиляції.

Для таких приміщень, як басейн, більярдний зал, домашній кінотеатр, спортивний зал та ігрова зона, рекомендується використання штучної витяжної вентиляційної системи для видалення повітря.

У приміщеннях котельні використано природну вентиляційну систему для приміщень I, II та III поверхів.

Житловим зонам (поверхи I, II та III) надається вентиляція, яка поєднана з системою кондиціювання.

Для санвузлів передбачено місцеві штучні витяжні системи вентиляції з використанням витяжних каналів через огорожуючі конструкції. Для вентиляції санвузлів застосовуються вентилятори від компанії MAICO (Німеччина).

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

## **Особливості експлуатації систем вентиляції**

### **Димовидалення з підземного автопаркінгу. [27]**

Аспекти експлуатації систем вентиляції та димовидалення з підземного автопаркінгу мають такі особливості. Кожний рівень підземного паркінгу адміністративного будинку розділений на димові зони площею не більше 1500 м<sup>2</sup>. Дим з підземного автопаркінгу видаляється окремими системами з механічним спонуканням, що розташовані в межах одного протипожежного відсіку.

Димові зони всередині відсіку розділені вертикальними перегородками з негорючих матеріалів, які спускаються від перекриття до підлоги, утворюючи під ними "резервуари диму". Висота від нижньої частини перегородки до підлоги складає 2,5 метри.

Дим видаляється з кожного рівня підземного паркінгу адміністративного будинку через загальну шахту з використанням кришкового вентиляційного вентилятора.

Видалення диму на поверхню передбачено на висоті +3,00 метра в зеленій зоні, де відсутні будівлі або дитячі майданчики поруч з викидами димовидалення.

Кількість клапанів для видалення диму визначається згідно з вимогою видалити дим із площі приміщення радіусом не більше 30 м від кожного димоприймального пристрою (клапану димовидалення).

Для обмежуючих конструкцій шахт димовидалення та повітроводів в межах протипожежного відсіку прийнята вимога вогнестійкості не менше 1 години (EI 60) для клапанів (EI 60). Транзитні ділянки шахт димовидалення мають вогнестійкість не менше 2,5 годин (EI 150). Витрати диму, кг/г, що видаляється з автостоянки, визначаються по периметру місця пожежі. Середня питома вага  $\gamma$ , Н/м<sup>3</sup>, та температура диму  $t$ , °С, під час його видалення з автостоянки прийняті на рівні:  $\gamma = 6$  Н/м<sup>3</sup>,  $t = 450$ °С.

Швидкість руху диму в клапанах, шахтах та повітроводах не перевищує 10 кг/(с м<sup>2</sup>). [27]

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

### Протипожежна безпека.

Вилучення диму з коридорів житлових будинків відбувається за допомогою окремих систем з механічним спонуканням. Ці системи розроблені для використання всередині одного протипожежного відсіку.

Димоприймальні пристрої (димові клапани) розміщені під перекриттям коридору, під підвісною стелею. Щоб дим міг проникнути в простір під підвісною стелею коридору, у стеле виконані отвори, які складають не менше ніж 60% від площі коридору.

Довжина коридору, який обслуговується одним димоприймальним пристроєм, не перевищує 30 метрів. Видування диму з коридорів відбувається через шахти, які виведені вище покрівлі житлового будинку. На цих шахтах встановлені дахові вентилятори для видування диму на 2 метри вище покрівлі.

Витрати диму, визначені у кілограмах на годину, розраховані при допомозі питомої ваги диму у  $6 \text{ Н/м}^3$ , його температури  $300^\circ\text{C}$  та входження повітря в коридор через відкриті двері на сходову клітину чи на вулицю.

### Підпір повітря.

Проект передбачає встановлення системи підпору повітря для створення надлишкового тиску 40 Па у шахті ліфтів для доставки пожежної бригади та 20 Па у пасажирських ліфтах, а також 40 Па в тамбур-шлюзі сходової клітини Н4 в підземній частині будівель.

### Обладнання.

Для захисту від диму використовуються дахові радіальні вентилятори відсмоктування виробництва ЗАТ "Інтеркондиціонер" з виведенням викидів диму вгору з дозволом на використання при температурі до  $400^\circ\text{C}$ . Трубопроводи для систем протидимного захисту з межею вогнестійкості, яка не менше 1 години, мають вогнезахисне покриття "фіброгейн".

Для підтримки повітря використовуються осьові вентилятори Аксипал FTDA, які оснащені зворотними клапанами. Вентилятори розміщені на покрівлі в окремих приміщеннях - венткамерах, у межах протипожежного відсіку, який вони обслуговують.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.2.3. Визначення кратності та розрахунок основних параметрів повітря

Втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря

Зовнішнє повітря надходить у приміщення внаслідок контрольованого провітрювання приміщень за рахунок короткочасного відкривання вікон та дверей або внаслідок негерметичності огорожувальних конструкцій будівлі та різниці тисків внутрішнього і зовнішнього повітря. Це повітря забезпечує нормальні параметри мікроклімату в приміщеннях та компенсує ту кількість, що видаляється з приміщень засобами природної витяжної вентиляції. Так відбувається гравітаційна вентиляція приміщень.

Втрати теплоти на здійснення нагріву припливного вентиляційного повітря розраховують за формулою:

$$Q_B = 0,28 L \rho c (t_B - t_{35}) ,$$

де  $L$  - витрати повітря, м<sup>3</sup>/год (для житлових будинків питома нормована витрата приймається рівною 3 м<sup>3</sup>/год на 1 м<sup>2</sup> площі житлових приміщень і кухні);

$\rho$  - густина внутрішнього повітря, кг/м<sup>3</sup>

$$\rho = \frac{353}{273 + t_B} ,$$

$c$  - питома теплоємність внутрішнього повітря,  $c=1,005$  кДж/(кг·°С).

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3.

# Аналіз енергоефективності інженерних систем житлового будинку

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.1. Визначення енергоефективності існуючої системи

Згідно закону України від 22.06.2017 року №2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель» [29] поняття енергоефективність передбачає використання меншої кількості енергії для надання того самого рівня послуги.

Інтегральний індикатор енергетичної ефективності будівлі визначають шляхом ділення всього обсягу річного енергоспоживання за рік на загальну площу будівлі. Прийняті в Україні нормативи максимальних теплових витрат є близькими до європейських і коливаються на рівні 30-40 кВт.год/м<sup>2</sup>. При цьому фактичне споживання енергії більшістю житлових будинків нашої країни здебільшого перевищує 200 кВт.год/м<sup>2</sup>.

Законодавча нормативна база України, пов'язана з енергоефективністю індивідуальних житлових будинків.

Нормативні документи України постійно розвиваються в напрямку зростання вимог з теплозахисту будівель та вдосконалення методики досліджень і розрахунків.

Вони встановлюють вимоги до теплотехнічних показників огорожуючих конструкцій будівель і споруд, визначають порядок їх розрахунку, що забезпечує раціональне використання енергетичних ресурсів на опалення та досягнення оптимальних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень.

Вимоги до інженерних систем будівель містяться в:

1. ДБН В.2.5-64:2012 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво»;
2. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування»;
3. ДБН В.2.5-24:2012 «Електрична кабельна система опалення»;

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До Державних стандартів України у сфері енергоефективності належать:

1. ДСТУ Н Б А.2.2-5:2007 «Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції» (частково скасований);
2. ДСТУ EN 15316-1:2017 Енергоефективність будівель. Метод розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 1. Загальні вимоги та відображення енергоефективності;
3. ДСТУ ISO/IEC 13273-1:2017 Енергоефективність і поновлювані джерела енергії. Загальна міжнародна термінологія. Частина 1. Енергоефективність (ISO/IEC 13273-1:2015, IDT);
4. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність;
5. ДСТУ 2155-93 Енергозбереження Методи визначення економічної ефективності заходів енергозбереження;
6. ДСТУ 2339-94 Енергозбереження. Основні положення;
7. ДСТУ 2420-94 Енергоощадність. Терміни та визначення;
8. ДСТУ-НБА.2.2-5:2007 Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції;
9. ДСТУ-НБВ.2.5-65:2013:Настанова з улаштування та використання систем електроопалення об'єктів житлового і громадського призначення

Енергозберігаючі рішення в системах опалення індивідуальних будинків.

Модернізація системи опалення передбачає [30]:

- 1) встановлення вискоефективного котла з ККД > 85%;
- 2) встановлення пристроїв для використання альтернативних джерел енергії;
- 3) встановлення сучасних опалювальних приладів високої ефективності, зокрема біметалічних радіаторів;
- 4) підключення терморегуляторів і термостатів для автоматичного погодного та програмного регулювання надходжень тепла;

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) регулярна промивка системи опалення (накип навіть товщиною до 1мм приблизно знижує тепловіддачу приладів на 15%);

б) установлення тепловідбиваючого екрану на ділянку стіни за радіатором (дозволяє підвищити температуру в приміщенні на 2 – 3 °С).

Оскільки радіатори системи опалення розташовуються здебільшого під вікнами на відстані приблизно 20 мм від зовнішніх стін, то частина теплового потоку від радіаторів витрачається на нагрівання стін за ними.

Теплоізоляційний рефлектор виготовляється із спіненого полімерного матеріалу, має товщину 5 – 7 мм, поверхня вкрита фольгою. Прикладами можуть бути Пінофол, Пінопропілен. Зазвичай вони є самоклеючими або ж кріпляться до стіни за допомогою клейких розчинів типу «рідкі цвяхи».

Тепловідбиваюча поверхня із фольги перешкоджає нагріванню стіни й забезпечує зростання температури в приміщенні.

Терморегулятори опалення дозволяють здійснювати кількісне регулювання, змінюючи залежно від зміни температури в приміщенні кількість теплоносія, що проходить через опалювальний прилад. Таким чином збільшується або зменшується кількість тепла, що передається радіатором.

Терморегулятори опалення встановлюють безпосередньо на опалювальному приладі або перед ним на подаючому трубопроводі.

Терморегулятори дозволяють встановлювати температуру в приміщенні в діапазоні від +6 °С до +28 °С. Ці пристрої дозволяють уникати перегріву приміщень і забезпечують економію енергії близько 10%, яка споживається на опалення будівель. Крім цього, терморегулятори опалення забезпечують в приміщеннях комфортну температуру повітря.

Окрім перелічених заходів, варто звернути увагу на додаткові організаційно-дизайнерські заходи [31]:

1) ширина підвіконня не повинна бути великою, щоб не перешкоджати поширенню конвективного тепла від радіатора;

2) не доцільно закривати прилади опалення шторами та сторонніми предметами;

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3) варто надавати перевагу світлим та теплим кольорам в інтер'єрі;
- 4) щільні штори та жалюзі на вікнах дещо знижують тепловтрати через вікна.

Врахування в інтер'єрі організаційно-дизайнерських рекомендацій кардинально ситуацію не змінить, але позитивно вплине на тепловий комфорт у приміщенні, підвищивши температуру повітря на 1 – 2 °С.

### 3.2. Заходи для покращення енергоефективності систем

Основним трендом розвитку сучасної будівельної галузі є створення "пасивних" будинків та будинків з високим рівнем енергетичної ефективності.

У ряді європейських країн енергоефективні будинки вже стали стандартом сьогодення [32].

Модель пасивного будинку передбачає скорочення річних витрат на опалення до 15 кВт·год/м<sup>2</sup>·рік. Джерелом тепла для пасивних будівель можуть бути змішані системи, що використовують разом із конденсаційними газовими котлами також сонячні колектори, тепловий насос та рекуператор повітря.

Характерні риси пасивних будинків:

- 1) компактність будівлі;
- 2) підвищена теплова ізоляція (приведений коефіцієнт теплопередачі складає 0,15 Вт/мІ·К);
- 3) орієнтація на південь та відсутність затінку;
- 4) відсутність "містків холоду";
- 5) герметичність будівлі;
- 6) спеціальні вікна та профілі високої якості;
- 7) контрольована вентиляція з рекуперацією тепла (зберігає щонайменше 75% тепла відпрацьованого повітря за рахунок роточного теплообмінника);
- 8) відновлювані джерела енергії – геліосистеми або теплові насоси для підігріву води, сонячні панелі для генерації електроенергії.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До енергоефективних заходів, що мають потенціал енергозбереження 30 – 70% відносять наступні:

- 1) комплексна енергORENOBACIЯ;
- 2) моніторинг використання енергетичних ресурсів;
- 3) впровадження систем енергозабезпечення на базі відновлюваних джерел енергії.

Основні кроки для підвищення енергоефективності будинку показано на рисунку 3.1.

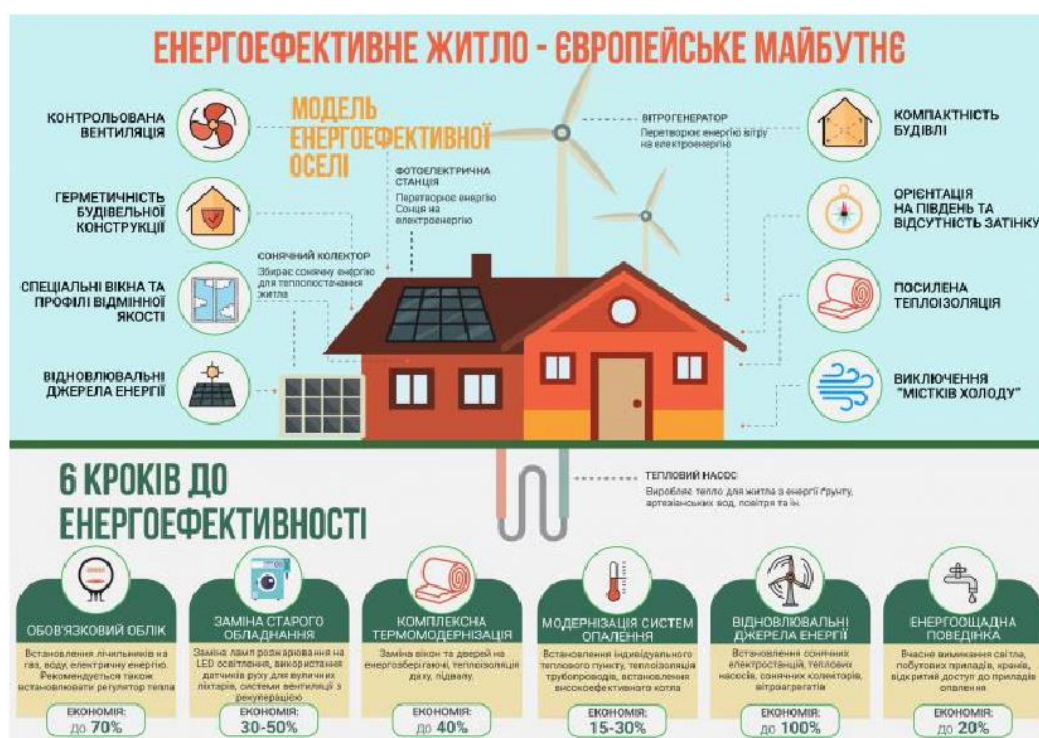


Рисунок 3.1 – Кроки до енергоефективності житлових будинків

Питанням підвищення енергоефективності будинків присвячено роботи таких авторів: Фаренюк Г.Г.; Кнатько М.В., Єфіменко М.Н., Самарін О.Д., Свірідонов К.В., Самолук Н.М., Бондарець Д.В. та ін.

Основною метою впровадження різноманітних енергозберігаючих заходів є зменшення затрат коштів на опалення будівель. Разом із дослідженням шляхів підвищення ефективності будівель не менш важливим завданням є виявлення оптимального рішення серед усіх можливих. Для цього необхідно виконувати техніко-економічний аналіз різних варіантів термомодернізації. Доцільність їх впровадження повинна обов'язково обґрунтовуватися величиною

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прогнозованого зниження витрат теплової енергії та відповідним зниженням витрат коштів.

### 3.3. Оцінка впровадження нових технологій

Прогнозований рівень економії теплової енергії у відсотках за рахунок здійснення окремих термомодернізаційних заходів показано на рисунку 3.2.

	ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЙНИЙ ЗАХІД	ЕКОНОМІЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ
	УТЕПЛЕННЯ ЗАХИСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ (СТІН, ДАХУ, СУМІЩЕНОЇ ПОКРІВЛІ, ПЕРЕКРИТТЯ НАД ПІДВАЛОМ), НЕ ВКЛЮЧАЮЧИ ВІКНА	15 – 25 %
	ЗАМІНА ВІКОН НА ГЕРМЕТИЧНІ, З КРАЩИМ ОПОРОМ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ R	10 – 15 %
	МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛОГО ПУНКТУ, ВКЛЮЧАЮЧИ РЕГУЛЮВАННЯ ЗА ПОГОДНИМИ УМОВАМИ І НАСОСНУ ЦИРКУЛЯЦІЮ	10 – 30 %
	КОМПЛЕКСНА МОДЕРНІЗАЦІЯ ВНУТРІШНЬОЇ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОПАЛЕННЯ, ВКЛЮЧАЮЧИ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРІВ НА ВСІХ ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИБОРАХ, АВТОМАТИЧНИХ БАЛАНСУВАЛЬНИХ КЛАПАНІВ НА СТОЛЯКАХ, ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЮ ТРУБОПРОВОДІВ	10 – 25 %

Рисунок 3.2 – Економія теплової енергії за рахунок впровадження окремих заходів з термомодернізації

За досвідом багатьох європейських країн впровадження програм з енергозбереження призводить до скорочення споживання енергоресурсів на 30–40%. Згідно оцінок експертів, реалізація проектів із термомодернізації житлових будинків України могла б дозволити економити понад 30000000 мВт/год щороку, що еквівалентно приблизно 7 мільярдам гривень.

## Інструменти аналізу енергоефективності існуючих будинків

Одним із найзручніших та дієвих інструментів для оцінювання енергетичної ефективності будівель є тепловізійне обстеження. За допомогою тепловізора можна досить швидко виявити проблемні ділянки й завдяки цьому виконувати ефективне проектування оптимальної теплової ізоляції огорожуючих конструкцій з урахуванням особливостей і потреб конкретної будівлі.

Тепловізійне обстеження передбачає огляд наступних ділянок будівлі:

- стіни;
- вікна;
- двері;
- дах;
- місць зосередження теплового обладнання;
- системи опалення.

Результатом тепловізійного обстеження є термограми, які наочно ілюструють розподіл температур по поверхні, дозволяючи оперативно виявити місця збільшених тепловтрат. Приклад термограм індивідуальних будинків з різними теплоізоляційними характеристиками огорожуючих конструкцій наведено на рисунку 3.3. Поверхні з більшою температурою мають теплі кольори, а поверхні з меншою показуються в холодних тонах. При цьому очевидно, що саме холодніші поверхні матимуть вищий термічний опір, а отже, і кращі теплоізоляційні властивості. [9, 33]



Рисунок 3.3 – Термограми індивідуальних будинків із різним рівнем теплозахисту

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4. Порівняння із світовими стандартами

Розглянемо середню енергоефективність житлових будинків ряду європейських країн та України, показане на рисунку 3.4 в Україні та в країнах Європи й виконаємо їх співставлення.

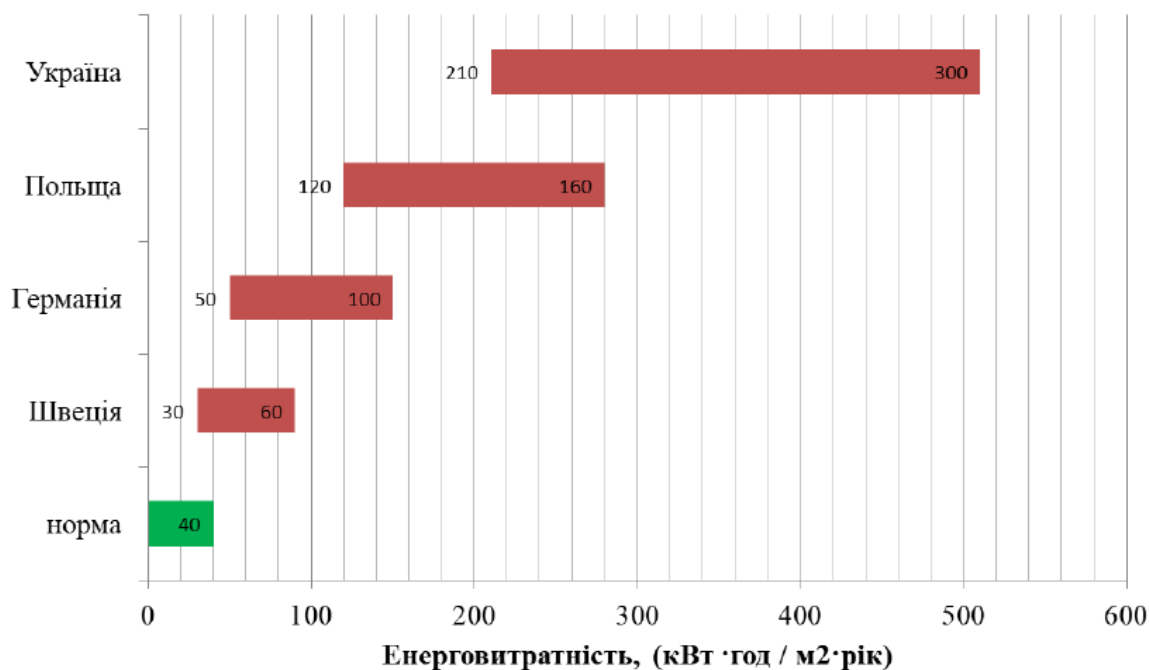


Рисунок 3.4 – Порівняння фактичного рівня споживання енергоресурсів

За рисунком 3.4 досить добре видно наскільки глобально відрізняється реальна ситуація з енергоспоживанням в житловому секторі в Україні від бажаної, регламентованої сучасними діючими нормативними документами. У той же час це свідчить про величезний потенціал у сфері енергозбереження за рахунок підвищення енергоефективності. Як видно з рисунка 3.4, питоме енергоспоживання переважної більшості будівель України перевищує нормативне значення в 5-7 разів, що визначає можливість відповідного зростання енергоефективності будинків при комплексному виконанні енергоефективних заходів. Реальність досягнення встановлених нормативів вже доведена на прикладі Швеції.

Основним трендом розвитку сучасної будівельної галузі є створення "пасивних" будинків та будинків з високим рівнем енергетичної ефективності. У ряді європейських країн енергоефективні будинки вже стали стандартом сьогодення [32].

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4.  
Автоматизація

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.1. Загальні положення

Запуск вентиляційного агрегата здійснюється натисканням кнопки «СТАРТ». Підтвердженням його роботи є загоряння зеленого світлодіода «РОБОТА». Процес запуску може розпочатися лише за відсутності аварійних ситуацій. Перед запуском необхідно виконати ряд робіт для монтажу та підключення внутрішнього обладнання. До системи можливе підключення нормально замкнутого контакту (КЗ) загальної пожежної сигналізації. Якщо контакт розімкнений, щит сигналізує про аварійну ситуацію, що відображається на передній панелі червоним світлодіодом «АВАРІЯ». Запуск установки неможливий, поки контакт не буде відновлено.

Включення електроспоживачів основних ланцюгів та управлінських ланцюгів здійснюється через головний рубильник Q1, який керується ручкою, розміщеною на лицьовій панелі щита. Цей рубильник також призначений для аварійного відключення установки. Після підключення споживання до щита повинен загорітися світлодіод «КОНТРОЛЬ СПОЖИВАЧА» зеленим кольором. У разі виникнення помилок, пов'язаних зі споживанням енергії, світлодіод не світиться. Якщо під час роботи установки виникає розрив контакту пожежної сигналізації, двигуни вентиляторів зупиняються, а повітряні клапани закриваються. При цьому система переходить в аварійний режим. Відновлення нормальної роботи можливе лише після закриття контакту.

Двигуни припливного вентилятора обладнані захистом від короткого замикання та перевищення номінального струму, який забезпечується автоматичними вимикачами з вбудованим тепловим захистом. Під час пусконаладжувальних робіт потрібно провести ряд заходів для досягнення номінального струму двигуна, зокрема регулювання витрати повітря за допомогою шибера. Постійний контроль напору припливного вентилятора здійснюється за допомогою диференційних лічильників перепаду тиску.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо протягом 10-30 секунд після запуску двигуна система не підтверджує роботу вентилятора за даними лічильників перепаду тиску, відбувається аварійне відключення споживача двигуна, загоряється світлодіод «АВАРІЯ», а на дисплеї контролера відображається повідомлення про аварію «П». Усунення аварії можливе лише вручну з клавіатури контролера або кнопкою «СТОП». Серед можливих причин аварії вентилятора можуть бути: необхідність налаштування лічильника перепаду тиску або механічне заклинення вентилятора.

Агрегати з водяним нагрівачем стандартно укомплектовані капілярним термостатом захисту, який встановлений за калорифером у напрямку руху повітря. Принцип роботи системи захисту теплообмінника полягає в тому, що при вимкненій установці та наявності споживаної напруги система працює в режимі спостереження. У цьому режимі, якщо температура внутрішнього повітря нижча за  $+10^{\circ}\text{C}$ , циркуляційний насос працює безперервно.

Контролер, який взаємодіє з приводом трьохходового клапана для регулювання тепла, підтримує температуру зворотного трубопроводу на рівні встановленої температури спостереження (за замовчуванням  $+30^{\circ}\text{C}$ ), спираючись на показання накладних лічильників температури. Важливу роль у цьому процесі відіграє циркуляційний насос, який запобігає виникненню нерівномірного температурного поля по всій довжині трубопроводів як внутрішніх, так і зовнішніх установок. [34]

Одночасно з контролем температури зворотного теплоносія також здійснюється моніторинг температури повітря в районі калорифера за допомогою капілярного термостата, налаштованого на температуру  $+10^{\circ}\text{C}$ . У разі виникнення загрози замерзання в будь-якій із контрольованих ліній відбувається відкриття трьохходового крана на 100%, що дозволяє запобігти замерзання води.

Якщо загроза замерзання підтверджується, система викликає аварійне відключення двигуна, прискорене закриття заслонки зовнішнього повітря під дією зворотної пружини та відкриття трьохходового крана на 100%.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час роботи установки захист від замерзання забезпечується по двом напрямкам: через контроль температури води (згідно з показаннями лічильника температури зворотного теплоносія, якщо температура опускається нижче  $+13^{\circ}\text{C}$ ) та через контроль температури повітря за калорифером (якщо температура повітря нижча  $+10^{\circ}\text{C}$ ). Контроль забруднення фільтра здійснюється лише під час роботи установки. Індикація наявності забруднення фільтрів відбувається за допомогою світлодіода «КОНТРОЛЬ ФІЛЬТРІВ». Загоряння діода червоним кольором сигналізує про те, що фільтруючий блок потребує очищення або заміни.

Чистка або заміна фільтрів повинні проводитися періодично, приблизно раз на місяць, залежно від умов експлуатації установки. Фільтруючий блок розташований у припливній секції безпосередньо перед водяним нагрівачем у напрямку руху повітря. Несвоєчасне очищення або заміна фільтрів може призвести до зменшення продуктивності установки щодо подачі повітря.

У холодний період, коли в системах тепlopостачання присутній гріючий теплоносій, регулювання температури повітря в припливних камерах відбувається шляхом зміни обсягу гарячої води, що підмішується в контур нагрівального теплообмінника.

Контролер АЕРОКЛІМ 3Н функціонує на основі контролю температури повітря в приміщенні, причому лічильник температури кімнатного повітря розміщений у витяжному каналі. Це дозволяє здійснювати контроль середньої температури повітря в приміщенні, при цьому фактична температура кімнатного повітря зазвичай не перевищує  $1-2^{\circ}\text{C}$  від встановленого значення.

## 4.2. Основні характеристики

Основні функції управління і захисту включають:

- контроль роботи вентилятора;
- контроль та індикацію стану фільтра;

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- захист калорифера від замерзання; - пуск і зупинку двигуна припливних вентиляторів;
- відкриття та закриття заслонки для внутрішнього повітря;
- плавне регулювання потужності водяного калорифера за допомогою трьохходового клапана;
- пуск і зупинку циркуляційного насоса гріючого теплоносія;
- захист циркуляційного насоса від перенавантаження та короткого замикання;
- індикація стану споживачів у ланцюгах управління;
- індикація роботи та аварій системи;
- захист двигуна вентилятора від перенавантаження та короткого замикання;
- можливість дистанційного запуску.

Контролер функціонує в режимі підтримки заданої температури повітря в приміщенні.

Параметри допустимі для експлуатації щита:

- атмосферний тиск, мм.рт.ст. – 795;
- відносна вологість повітря (без випадання роси), % 30 – 80;
- температура внутрішнього повітря, °С от 0 до +40;

IP 21 - ступінь захисту. Періодичний вид обслуговування.

Продовжений - номінальний режим роботи.

Органи управління і індикація знаходяться на лицевій панелі щита:

- поворотний перемикач «Режим управління» «МЕСТ/ДИСТ»;
- світлодіод «Аварія»;
- світлодіод «Робота»;
- рубильник аварійного відключення установки Q1;
- кнопка «Старт»;
- кнопка «Стоп»;
- світлодіод «Контроль споживача»;
- світлодіод «Контроль фільтрів».

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Специфікація

№	Позначення	Найменування	Кількість
1	P3-0,25S-WNN	Щит автоматичного управління	1
2	TG K3/PT1000	Датчик температури каналний	3
3	TG A1/PT1000	Датчик температури накладний	1
4	DPS 500	Датчик перепаду тиску	2
5	“BELIMO” R318	Трьохходовой кран	1
6	“BELIMO” LR 24 SR	Привод трьохходового крана	1
7	“BELIMO” LF 24	Привод повітряного клапана	1
8	Ranco OH 16	Капілярний термостат	1
9	P3-0,25S-WNN ПС	Паспорт	1

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 5.

# Енергоефективність індивідуального будинку

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Україна є однією з енергозалежних країн Європи, яка споживає значну кількість імпортованих енергоресурсів у загальному балансі. І цьому сприяє не тільки їх відсутність власних ресурсів, а й неефективне їх використання, що є загрозою національним інтересам та національній безпеці держави. Тому вирішення питання підвищення енергоефективності є одним із найважливіших, особливо з урахуванням енергетичної кризи яку завдає країна агресор військовими діями на території України.

Суттєве зростання цін на енергоносії, їх скорочення, робить особливо актуальною проблему енергоефективності приватного житла, оскільки одразу напрому відчувається власниками індивідуальних будинків на власних кишнях. Підвищення енергоефективності житлових будівель передбачає значне скорочення затрат на комунальні платежі й відповідно підвищення рівня життя населення. При цьому спостерігається економія паливно-енергетичних ресурсів держави та зменшення викидів парникових газів в атмосферу за рахунок спалювання менших об'ємів газу. Отже, поставлене питання пошуку шляхів підвищення енергетичної ефективності індивідуальних будинків є надзвичайно актуальним.

Не менш важливим є також вибір оптимального варіанту для конкретної будівлі, що потребує проведення техніко-економічного аналізу можливих енергозберігаючих заходів. В цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить близько 75 %. Основною перешкодою на шляху тотальної термомодернізації будинків приватного сектору є відсутність у населення вільних коштів для інвестування у своє житло, а також не достатня обізнаність із термінами окупності необхідних капіталовкладень та існуючими державними програмами підтримки енергоефективних заходів для фізичних осіб.

Відповідно розроблення енергозберігаючих заходів для термомодернізації конкретного котеджу, оцінювання їх ефективності та виявлення оптимальних варіантів має значну практичну цінність. [35]

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Енергозбереження за рахунок теплозахисту огорожуючих конструкцій. [36]

Підвищення теплозахисних властивостей огорожуючих конструкцій полягає в збільшенні їхнього опору теплопередачі до нормативних значень. Це досягається зокрема за рахунок утеплення стін теплоізоляційними матеріалами з низькою теплопровідністю з дотриманням вимог щодо захисту від атмосферних впливів за допомогою спеціального декоративного шару, який до того ж ще й поліпшує архітектурно-художній вигляд будинку.

Основними способами для додаткового теплозахисту стін вважається розміщення утеплювача із зовнішньої або внутрішньої сторони стіни. Іноді зустрічається розташування утеплювача із зовнішньої та внутрішньої сторони одночасно.

Оптимальний варіант розташування утеплювача виявляється на основі аналізу можливих способів з урахуванням їх переваг і недоліків.

Утеплення стін зсередини виконують з пінополістирольних або мінераловатних плит, які закриваються гіпсокартоном або шаром штукатурки.

Утеплення зсередини застосовують рідко, лише як виняток, наприклад, для будівель, які є пам'ятками архітектури або мають рельєфний фасад, а також при утепленні тільки окремих приміщень.

Розташування теплоізоляційного матеріалу з внутрішньої сторони стіни має наступні переваги: [37]

- 1) теплоізоляційний матеріал завжди перебуває в сприятливих умовах і не потребує додаткового захисту;
- 2) роботи з влаштування теплоізоляції можуть виконуватися в будь-який період року.

Недоліками розташування теплозахисту всередині приміщення належать:

- 1) зниження площі приміщення за рахунок зростання товщини стіни;
- 2) для виключення можливості випадання конденсату необхідно влаштовувати додатковий теплозахист у місцях обпирань на стіни плит перекриттів й у місцях примикання до зовнішніх стін внутрішніх стін і перегородок;

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) необхідність захисту теплоізоляційного матеріалу та стіни від зволоження шляхом улаштування пароізоляційного шару перед теплоізоляційним матеріалом;

4) складність розміщення теплоізоляції в місцях встановлення опалювальних приладів та в межах товщі підлоги.

У більшості випадків додаткова теплоізоляція із внутрішньої сторони стін виконується при реконструкції з повною заміною санітарно-технічних приладів і конструкцій підлоги, то останній недолік можна не враховувати.

Безшовний метод утеплення із зовнішнього боку стіни (рис. 5.1) застосовується найчастіше і є найдешевшим методом утеплення.

Він здійснюється шляхом приклеювання або кріплення до стін за допомогою дюбелів теплоізоляційного шару. Зазвичай використовують пінопластові та пінополістирольні плити або плити з мінеральної вати. На утеплювач наносять тонкий шар фактурної штукатурки по сітці із скловолкна. Цей метод має різновиди, які пропонують різні виробники. Вони відрізняються між собою матеріалами і технологією виконання робіт. Утеплення прослужить довго, якщо воно виконане з матеріалів одного виробника з дотримання його рекомендацій щодо монтажу, а не є комбінацією різних систем і рішень. Для безшовного метода утеплення зовні характерні простота виконання, велика щільність, універсальність застосування та відносно низька вартість.

#### **УТЕПЛЕННЯ СТІНИ. БЕЗШОВНИЙ МЕТОД:**

- 1) ІСНЮЮЧА СТІНА;
- 2) ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ (ПРИКЛЕЄНИЙ АБО ПРИКРІПЛЕНИЙ ДЮБЕЛЯМИ);
- 3) СІТКА З АРМУЮЧИМ ШАРОМ;
- 4) ПІДШТУКАТУРНИЙ ШАР;
- 5) ШТУКАТУРКА

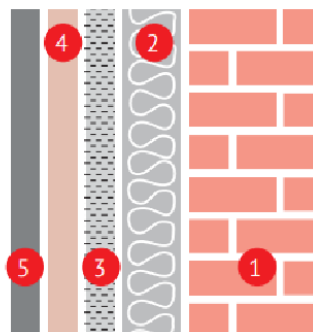


Рисунок 5.1 – Конструкція утеплення стін безшовним методом зовні

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішнє утеплення з додатковою утеплювальною стінкою (рис. 5.2) передбачає добудову до несучої стіни додаткової цегляної стінки товщиною 6,5 або 12 см, яка може потім оштукатурюватися або виконуватися з розшивкою швів. Вільний простір між стінками заповнюється теплоізоляційним матеріалом (пінополістиролом, пінопластом або мінеральною ватою). Цей метод є досить дорогим, але при цьому він дуже довговічний.

**УТЕПЛЕННЯ З ДОДАТКОВОЮ УТЕПЛЮВАЛЬНОЮ СТІНКОЮ:**

- 1) ІСНЮЮЧА СТІНА;
- 2) ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ;
- 3) СТІНКА З ОБЛИЦЮВАЛЬНОЇ ЦЕГЛИ;
- 4) З'ЄДНУВАЛЬНІ АНКЕРИ

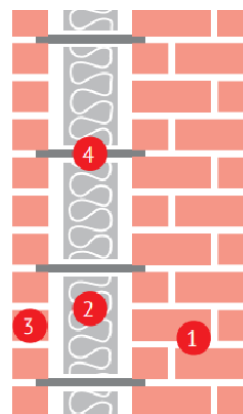


Рисунок 5.2 – Конструкція зовнішнього утеплення з додатковою стінкою

Зовнішнє утеплення методом вентилязованого фасаду. Він полягає в монтажі спеціального каркасу зі сталі або алюмінію, який покривається декоративними облицювальними матеріалами, такими як плити, сайдинг, профільовані листи. В якості утеплювача для вентилязованого фасаду зазвичай застосовують мінеральну вату. Завдяки конструктивним особливостям такої конструкції всередині фасаду здійснюється вентиляція природним способом за рахунок різниці температур зовнішнього та внутрішнього повітря. Циркуюючи між шарами, повітря здійснює висушування мінеральної вати у разі потрапляння вологи. Повітряний прошарок має ширину від 40 мм й ефективно зберігає тепло, а також захищає стіни від пошкоджень під впливом несприятливих погодних умов. Суттєвою перевагою методу вентилязованого фасаду є можливість здійснення робіт навіть у холодну пору року.

Розташування теплозахисту зовні має наступні переваги:

- 1) утворення захисного шару з низькою теплопровідністю без теплопровідних включень;

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) відсутність необхідності влаштування пароізоляційного шару;  
3) створення нового сучасного вигляду будинку;  
4) разом із проведенням теплоізоляційних робіт можна усунути дефекти стін;

5) розміщення теплоакумуючого шару в зоні позитивних температур стіни. Це збільшує теплову інерцію стіни й сприяє поліпшенню її теплозахисних властивостей при нестационарній теплопередачі, а також зберігає наступні переваги високих теплоакумуючих властивостей стіни: короточасні припливи холодного повітря не спричиняють швидке охолодження приміщення; знижується вплив коливань температури зовнішнього повітря на мікроклімат приміщення;

б) відсутні проблеми розміщення теплоізоляції в місцях встановлення приладів опалення.

Єдиним недоліком цього варіанту є необхідність влаштування по теплоізоляції надійного захисного шару, а також використання для проведення робіт штукатурних засобів, що мають високу вартість.

Теплозахист із зовнішнього та внутрішнього боку стіни одночасно зазвичай не використовується, оскільки характеризується великою трудомісткістю робіт й відповідною вартістю.

Для збільшення енергоефективності будівлі та забезпечення комфортних умов проживання потрібно звести до мінімуму всі види тепловтрат. Виходячи з цього необхідно:

1. Виявити місця підвищених тепловтрат за допомогою тепловізійного обстеження огорожувальних конструкцій.
2. Установити ефективну систему опалення, що дозволить знизити витрати палива приблизно на 18%.
3. Підвищити теплозахисні властивості стін за допомогою утеплювача.
4. Установити якісні дверні блоки та профільні віконні системи, що дозволить знизити витрату енергії на 27 – 32 %.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Для приватного будинку особливу увагу слід приділити теплоізоляції покрівлі та горищного перекриття, оскільки тепле повітря завжди піднімається вгору за рахунок меншої густини й швидше передає тепло через стелю й дах.

Розрахунок енергозбереження від використання систем регулювання теплопостачання. [37]

До систем регулювання теплопостачання в приватному будинку належать передусім терморегулятори на вході теплоносія в опалювальні прилади та програматори, що підключаються до джерела тепла й забезпечують у комплекті з виносними температурними датчиками погодозалежне та програмне регулювання параметрів системи відповідно до налаштувань, виконаних споживачем. Терморегулятори призначені для автоматичного підтримання сталої заданої температури в приміщеннях і забезпечення комфортних умов для мешканців.

Разом з тим, вони дозволяють зменшувати потік теплоносія в приміщення, які мають нижчі вимоги до теплового комфорту, або певний період часу не використовуються. На нагрівальних приладах зазвичай встановлюють сучасні терморегулятори фірм «Danfoss», «Herz» та ін.(рис. 5.3).



Рисунок 5.3 – Види термостатичних головок для опалювального приладу

Використання термостату з програматором (рис. 5.4) дозволяє програмувати автоматичне зниження температури в будинку у період відсутності мешканців і створення комфортної температури до заданого часу

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повернення. Для котлів, які мають електронну плату управління, що передбачає можливість підключення зовнішнього термостату, встановлення термостату з програмним управлінням можна вважати найпершим обов'язковим енергозберігаючим заходом.



Рисунок 5.4 – Програматор котла (термостат або терморегулятор)

Програматори дозволяють задавати температурний режим на добу або тиждень. І якщо ручні термостати можуть здійснювати регулювання роботи котла за принципом включення-виключення за температурою повітря, то програмні моделі здатні змінювати температуру в плинні часу згідно заданої програми на тиждень. За оцінками виробників цей енергозберігаючий захід дозволить отримати економію до 20 %. [37]

Наразі ж регулювання роботи системи опалення реалізується вбудованою автоматикою котла, яка здійснює якісне регулювання, тобто за рахунок зміни температури теплоносія. Зміна температури на панелі управління котла призводить до зміни температури води в системі. При такому регулюванні спостерігається багаторазове увімкнення-вимкнення котла за добу, що і мешканців дратує, і на стані котлоагрегату негативно позначається. За фактом потужності котла цілком досить, щоб за кілька хвилин (а іноді й секунд) нагріти теплоносій до заданої температури й відключитися, але вода в системі швидко охолоджується і температурний датчик котла знову дає команду на включення. У випадку встановлення термостата для котла процес роботи останнього залежатиме тільки від результатів вимірювання температури повітря в приміщенні, де встановлений термостат чи його виносний датчик.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно котел включатиметься тільки тоді, коли в кімнаті почне знижуватися температура повітря, відповідно робота котла буде більш плавною.

Спочатку програмуються дві базові температури - «день» і «ніч». Далі можна розписати роботу котла на протязі доби, оперуючи цими температурами.

Для прикладу можна порекомендувати наступний енергозберігаючий режим, обумовлений режимом роботи мешканців та їхніми вимогами до теплового комфорту:

Час доби	режим	температура в кімнаті
0:00 – 6:00	«ніч»	20 °С
6:00 – 8:00	«день»	22 °С
8:00 – 18:00	«ніч»	20 °С
16:00 – 24:00	«день»	22 °С

У результаті роботи котла за заданою програмою комфортна температура буде підтримуватися в будинку не 24 години на добу, а лише 10 годин, а решту часу маємо більш економне споживання. При цьому для мешканців відчуття комфорту не зміниться, система підтримуватиме оптимальні умови лише в той період, коли це справді необхідно, а за відсутності господарів температура в приміщеннях буде трохи зниженою.

Економічні показники при впровадженні заходів по підвищенню ефективності роботи систем опалення за рахунок автоматизації оцінюються економією витрати теплоти, яка при цьому досягається.

Економію витрати теплоти за рахунок програматора, ГДж/рік ,розрахуємо за формулою:

$$\Delta Q_e = \frac{k_e}{100} Q_0 \frac{t_b - t_{cp.o}}{t_b - t_{p.o}} \eta_0 \cdot 24 \cdot 3,6.$$

де  $k_e$  – відсоток економії теплоти на опалення, що залежить від типу регулятора і за практичними рекомендаціями може бути прийнята на мінімальному рівні 8%:

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Q_0$  – розрахункова витрата теплоти на опалення будівлі, кВт;

$T_v$  – розрахункова температура внутрішнього повітря;

$t_{ср.о}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період;

$n_0$  – тривалість опалювального періоду;

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

$$\Delta Q_e = \frac{8}{100} 13,2 \cdot \frac{20 + 0,8}{20 + 23} \cdot 178 \cdot 24 \cdot 3,6 = 7855,8 \text{ кВт} = 7,86 \text{ МВт.}$$

### Висновки до розділу 5.

Тепловтрати на інфільтрацію та нагрів вентиляційного повітря в загальному балансі займають 50% від загальних тепловтрат. При покращенні теплоізоляційних характеристик вікон їх частка зростає до 56,3%.

При існуючих характеристиках світлопрозорих конструкцій, що мають термічний опір у межах 0,5 – 0,52 м<sup>2</sup>·°С/Вт тепловтрати через вікна займають друге місце по величині й складають 21,2 %. При цьому коефіцієнт скління всього 0,22.

Доведення термічного опору вікон до нормативних значень практично зрівнює частки тепловтрат через стіни та вікна. При  $R_{\text{вікна}} = 0,81 - 0,89$  м<sup>2</sup>·°С/Вт маємо 13,7 та 13,5% відповідно.

Подальше зростання термічного опору вікна до  $R_{\text{вікна}} = 1,02 - 1,17$  м<sup>2</sup>·°С/Вт (за рахунок збільшення товщини склопакетів й відповідно простору, заповненого інертним газом) знижує частку тепловтрат через вікна до 10,7 % і забезпечує скорочення загальних тепловтрат на 11,1%.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6.  
Охорона праці та навколишнього  
середовища

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**6.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на період  
будівництва систем теплопостачання**

Таблиця 6.1

№ п/п	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	Обвалення ґрунту	Земляні роботи	Ґрунт, Н, РґВ,м	ДБН А.3.2-2-2009(р.10)
2	Розташування робочого місця на висоті 1,3 м і більше щодо землі	Монтажні роботи	Н, м	ДБН А.3.2-2-2009(р.19)
3	Підвищена температура гідроізоляційного, теплоізоляційного матеріалу	Ізоляційні	$t \leq 180^{\circ}\text{C}$	ДБН А.3.2-2-2009(р.16)
4	Електричний струм	Електрозварювальні, електромонтажні, випробувальні, експлуатаційні	U=80В, U=380В	ДБН А.3.2-2-2009(р.9, 18, 20)
5	Підвищений рівень шуму та вібрації	Експлуатація насосних станцій, систем вентиляції	L, дБа	ГОСТ 12.1.003-83* ДСН 3.3.6.039-99 ГОСТ 12.1.012-90 ДСН 3.3.6.037-99
6	Підвищена запиленість та загазованість робочої зони	Зварювальні, монтажні, експлуатація і ремонт мереж	ГДК мг/м <sup>3</sup>	ГОСТ 12.1.005-88 НПАОП 40.2-7.01-97 НПАОП 41.0-1.01-97 ДСТУ БА 3.2-14-2011 ПБХ-93
7	Незадовільне освітлення робочої зони	Виконання робіт по монтажу, експлуатації, ремонту інженерних систем	лк	ГОСТ 12.1.046-85 ДБН В.2.5-28-2018
8	Незадовільні параметри мікроклімату	Монтаж, експлуатація систем	Температура, t °С, вологість, f %, рухливість повітря, v м/с	ГОСТ 12.1.005-88 ДСН 3.3.6.042 – 99
9	Атмосферна електрика	Захист будівлі від блискавки	К	ДСТУ БА 2.5-38-2008
10	Машини, що працюють під тиском	Котельні установки, газопроводи, газові балони, паропроводи	Р, мПа	НПАОП 0.00-1.59-70
11	Пожежна Безпека	Монтаж, випробування, експлуатація і ремонт інженерних систем	K <sub>п/б</sub> K <sub>вогнестійкість</sub>	ДБН В 1.1-7-2016 ДБН В 1.2-7-2008 НАПБ Б 03.002-2007 ДСТУ БВ 11-36-2016

					<b>Кваліфікаційна робота магістра</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.2. Заходи профілактики виявлених факторів в інших розділах проекту

- Обвалювання ґрунту

Риття траншеї з відкосами без укріплень у нескальних ґрунтах над рівнем ґрунтових вод (з урахуванням капілярного піднімання) або в ґрунтах, які осушуються за допомогою штучного водопониження, дозволяється відповідно до встановлених глибин виїмки та крутизни відкосів. Переміщення, установка та експлуатація машин поблизу виїмок (котлованів, траншей, канав) з неукріпленими відкосами допускається лише за межами призми обвалення ґрунту на відстані, яка визначається проектом виконання робіт. Якщо проект не містить відповідних вказівок, допустима горизонтальна відстань від основи відкосу виїмки до найближчих опор машин повинна визначатися відповідно до діючих нормативних документів.

- Падіння людей з висоти

Робочі місця та проходи до них на висоті 1,3 м та більше, а також на відстані менше 2 м від межі перепадів по висоті, повинні бути огорожені тимчасовими огороженнями. В залежності від умов роботи та прийнятої технології виконання робіт, робочі місця повинні бути забезпечені згідно з нормокомплектами спеціальними засобами технологічної оснастки, колективного захисту, а також засобами зв'язку та сигналізації.

Котловани та траншеї, що розробляються на вулицях, проїздах та у дворах населених пунктів, а також в місцях, де здійснюється рух людей або транспорту, повинні бути огорожені захисними огороженнями. На таких огороженнях необхідно встановлювати попереджувальні знаки і надписи, а в нічний час – сигнальне освітлення. Місця проходу людей через траншеї повинні бути обладнані перехідними містками, які повинні бути освітлені вночі.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

- Падіння предметів з висоти

Виконувати стропування вантажу за допомогою інвентарних стропів або спеціальних вантажозахоплюючих пристроїв, виготовлених згідно з затвердженим проектом (кресленням). Способи стропування повинні виключати ймовірність падіння або ковзання застропованого вантажу. При завантаженні автомобілів екскаваторами або кранами, водієві та іншим особам забороняється перебувати в кабіні автомобіля, якщо вона не захищена козирками.

Людам також не дозволяється знаходитися під елементами обладнання, що монтується, до їх установки в проектне положення та закріплення. У випадку необхідності перебування робітників під обладнанням, що монтується, повинні бути вжиті спеціальні заходи для забезпечення безпеки.

- Електричний струм

Для безпеки та ефективності зварювання важливо дотримуватись вказаних правил щодо підводу струму до електроутримувачів та пальників. Використання ізольованих гнучких кабелів, розрахованих на високі навантаження, допомагає запобігти аваріям і недолікам у роботі. Важливо правильно підключити кабелі до зварювального обладнання, і вживати заходів для захисту їх від пошкоджень. Будьте обережні при прокладанні або переміщенні зварювальних проводів, щоб уникнути пошкоджень ізоляції. Також важливо дотримуватись необхідної відстані від гарячих трубопроводів та балонів з киснем та горючими газами, щоб уникнути можливих небезпек. Пам'ятайте про безпеку у роботі з електричними системами під час зварювання.

Для забезпечення безпеки та правильної установки електрообладнання важливо дотримуватись всіх настанов, включаючи вимоги СТ СЭВ 4032-83. Заземлення корпусів електричних машин та трансформаторів перед початком сушіння електричним струмом є обов'язковим для уникнення можливих аварій. Розмотування кабелю з барабану повинно відбуватися лише за умови наявності гальма, що попередить неконтрольоване розгортання.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прокладання кабелю, що був у використанні, допускається тільки після його відключення та заземлення, щоб уникнути ризику ураження електричним струмом. Роботи з розпалення пальників, паяльних ламп, нагрів кабельної маси та плавлення припою слід виконувати на безпечній відстані не менше ніж 2 метри від кабельного колодязя, щоб забезпечити безпеку та уникнути можливих негативних наслідків.

- Підймальне обладнання і машини

Для безпечного проведення навантажувально-розвантажувальних робіт, необхідно дотримуватися наступних вимог:

1. Виконання робіт у відповідності з технологічними картами та проектом;
2. Обладнання місць робіт знаками безпеки;
3. Організація руху транспортних засобів за схемою;
4. Стропування вантажів згідно з вимогами технологічних карт та проекту;
5. Позначення меж штабелів, проходів та проїздів на майданчику для вкладання вантажів;
6. Встановлення огорож по периметру для попередження травм;
7. Використання касок для захисту осіб в зоні монтажу;
8. Попередження перекидання та самовільного переміщення машин за допомогою заходів безпеки.

Дотримання цих вимог допоможе забезпечити безпечність та ефективність навантажувально-розвантажувальних робіт.

- Виробничий шум

Правильно вибрані механізми і машини з мінімальними динамічними навантаженнями важливі для зниження рівнів шуму та вібрації під час розробки технологічних процесів.

Також велике значення має правильна експлуатація механізмів, своєчасне проведення профілактичних ремонтів та якісний монтаж.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Організаційні заходи, що допомагають боротися з шумом та вібрацією, включають виключення з технологічного процесу віброакустичного обладнання, яке є джерелом шуму, а також застосування звукоізоляції приводу шумних машин за допомогою кожухів.

- Шкідливі речовини

Щоб забезпечити безпечність під час виконання ізоляційних робіт з використанням вогнебезпечних матеріалів та речовин, які виділяють шкідливі речовини, слід дотримуватися ряду заходів.

До засобів індивідуального захисту працівників можна віднести спеціальний одяг та ватно-марлеву пов'язку для захисту від термічних та хімічних опіків.

Для доставки бітумної мастики на робочі місця рекомендується використовувати бітумопровід або вантажопідйомні машини. У разі необхідності переміщення гарячого бітуму вручну, доцільно використовувати металеві бочки у вигляді усіченого конуса з зачиненими кришками або запірними пристроями.

- Метеорологічні умови

Якщо ви плануєте проводити роботи на відкритій місцевості, важливо пам'ятати про умови безпеки. Для забезпечення відпочинку працівників у теплий період року, встановлення наметів може бути відмінним варіантом. Однак, необхідно дотримуватися певних обмежень.

Не рекомендується виконувати монтажні роботи на висоті на відкритій місцевості при швидкості вітру 15 м/с та більше. Також варто уникати таких робіт під час ожеледиці, грози або мряки, яка може вплинути на видимість та стан безпеки працівників. Завжди слід дотримуватися правил безпеки на робочому місці, враховуючи потенційні загрози та умови довкілля.

- Термічний фактор

Для всіх вище перерахованих вимог необхідно дотримуватися при виконанні робіт з ізоляційними та зварювальними роботами, щоб уникнути можливих опіків та пожеж.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Забезпечте відповідне обладнання та одяг для безпечної роботи з гарячими бітумними мастиками, та не допускайте перегрівання мастики та попадання в неї об'єктів, які можуть спричинити аварію. Усі безпечності заходи повинні бути вжиті для запобігання можливих небезпек.

- Освітлення робочих місць

Важливо забезпечити належне освітлення на будівельному майданчику під час темного часу доби. Це забезпечить безпеку робочих та допоможе уникнути травм. Вимоги щодо рівномірності освітленості та відсутності вражаючої дії освітлювальних пристроїв допоможуть забезпечити комфортні умови праці. Важливо дотримуватися цих правил для забезпечення безпеки на робочому місці. Виконання робіт в неосвітлених місцях не допускається. У темний час доби огороження повинні бути позначені електричними сигнальними лампами напругою не більше 42 В..

### 6.3. Розробка інженерних рішень щодо охорони праці

У зоні поблизу котеджу, де необхідно прокласти комунікації (такі як каналізація та газопостачання), неможливо використовувати техніку копання траншеї з відкосами через наявність інших підземних комунікацій.

Потрібно провести розрахунок для встановлення кріплень та перевірити можливість копання траншеї без відкосів.

Критична висота траншеї:

$$H_{кр} = 2 K_{max} \cos\varphi / ( \sin^2 (( 90 - \varphi ) / 2 )), \text{ м};$$

$K_{max}$  - коефіцієнт зчеплення;

$\varphi$  - кут внутрішнього тертя.

Вводиться коефіцієнт стійкості для реальних умов в розрахунок:

$$m = 1,5 - 3.$$

$$K_{max} = c / ( \gamma m );$$

$c$  - сила зчеплення, т/м ;  $\gamma$  - об'ємна вага ґрунту.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При визначенні максимальної висоти враховують лише певну частину критичної сили стиснення ґрунту. Використовується коефіцієнт запасу в діапазоні 1,1-1,2.

Ґрунт є супіском середньої густини з густинами  $\gamma = 1,6$  т/м<sup>3</sup>, кутом внутрішнього тертя  $\varphi = 19$  градусів та пористістю 85%. Коефіцієнт стійкості відкосу дорівнює 2,5.

Для прокладання каналізаційних труб діаметром 300 мм потрібно мати глибину нахилу траншеї не менше ніж 2,6 метра.

$$K_{\max} = 1,2 / (1,6 * 2,5) = 0,30;$$

$$tg\varphi / m 19^{\circ} / m = 0,344 / 2,5 = 0,14; \quad \varphi = \arctg 14 = 7^{\circ} 97'.$$

Критична висота становить:

$$H_{кр} = 2 * 0,30 * \cos 7^{\circ} 97' / ( \sin^2 (( 90 - 7^{\circ} 97' ) / 2 )) = 1,32\text{м}$$

Гранична висота:

$$H_{гр} = H_{кр} / 1,15 = 1,32 / 1,15 = 1,14 \text{ м} < 2,6 \text{ м};$$

Траншея повинна мати кріплення при вертикальних стінках.

Визначаємо величину активного тиску в зв'язних ґрунтах:

$$\sigma_{акт.} = H\rho tg^2(45 - \varphi)/2) - 2 ctg (45-\varphi)/2) = 2,6 * 1,6 * 0,756 - 2 * 1,2 * 0,87 = 1,25 \text{ т.с.}$$

За даним активним тиском підбираємо розміри кріплень.

Кріплення траншеї до 3,45 м і шириною 2,4 м виготовляються із суцільних дерев'яних щитів товщиною 27 мм, довжиною 1,35 м, шириною 27,3 мм і з металевими ростропами.

Верхні дошки повинні бути вище рівня на 15 см.

Відстань між стійками приймається 1,35 см.

Для кріплення стінок траншеї використовуються анкерні кріплення.

Розрахунок штучного освітлення проводиться за світловим потоком та точковим методом.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

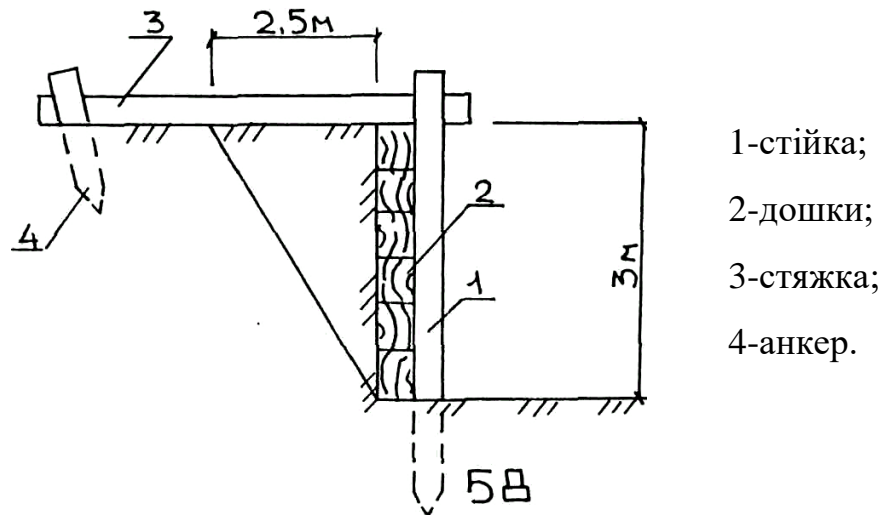


Рисунок 6.1.

У проекті необхідно розрахувати штучне освітлення у котельні.  
 Нормативне освітлення при комбінованому освітленні дорівнює  $E=200$ лк.  
 Коефіцієнт запасу, який приймається в залежності від виду виробництва, дорівнює  $k=1,8$ .

Знаходиться потрібний світловий потік:

$$\Phi = E \times S \times k \times z / \eta,$$

де  $S$  – площа робочої поверхні,  $m^2$ ;  $S$  – коефіцієнт, який враховує співвідношення середнього освітлення до мінімального;  $\eta$  – коефіцієнт використання світильників, приймається 0,52.

Визначення коефіцієнту  $\eta$ . Для цього необхідно визначити постійну приміщення:

$$i = a \times b / [h \times (a + b)] = 4,99 \times 3,3 / [3,3 \times (4,99 + 3,3)] = 2,95$$

де  $a$  і  $b$  – довжина і ширина приміщення, м;  $h$  – розрахункова висота, м.

За кольором стін та стелі можна прийняти:

$$\rho_c = 50\%; \rho_{ст} = 50\%.$$

$$\Phi = 200 \cdot 16,5 \cdot 1,8 \cdot 1,1 / 0,52 = 12565 \text{ лм.}$$

За нормами приймаємо тип світильника НГ-53 із світловим потоком

$$\Phi_1 = 15000 \text{ лм.}$$

Визначається необхідна кількість світильників типу НГ-53:

$$n = \Phi / \Phi_1 = 12565 / 15000 = 1 \text{ шт,}$$

$n$  – кількість світильників.

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

1. ДСТУ – НБВ.1.1-27:2010. ”Будівельна кліматологія”, – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. –123с.
2. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування, - Київ, Мінрегіонбуд України. 2014/
3. Зінич П.Л. Вентиляція громадських будівель навчальний посібник. К: КНУБА, 2002.
4. Система Розумний будинок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL<http://ittel.com.ua/proektuvannya-inzhenernix-merezh/sistema-rozumnij-budinok>.
5. Джеджула, В. В. Вентиляція та кондиціонування громадських об’єктів : навчальний посібник / Джеджула В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с.
6. Шаповал, О., Чепурна, Н., & . Кириченко, М. (2021). Аналіз ефективності роботи повітряного теплового насоса залежно від коливань температури зовнішнього повітря. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 37, 24–30.  
<https://doi.org/10.32347/2409-2606.2021.37.24-30>
7. Що таке тепловий насос? Які бувають теплові насоси та принцип їхньої роботи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://modernsys.com.ua/uk/hto-takoe-teplovoy-nasos-kakie-byvayut-teplove-nasosy-i-princip-ih-raboty..html>
8. Переваги, недоліки та особливості застосування низько та високотемпературних систем теплопостачання. А Дорошенко, Н. Чепурна - Матеріали конференцій МЦНД, 2024, с. 138-140.
9. ДБН В 2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.
- 10.Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції: ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 43 с. – (Національний стандарт України).

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 11.Самолук Н.М., Бондарець Д.В. Дослідження ефективності впровадження енергозберігаючих заходів у житлових будинках / Вісник НУВГП, серія «Економічні науки», Випуск 1(77). – Рівне, 2017.
- 12.ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель / Мінрегіон України. – Київ: Укранхбудінформ., 2014. – 82 с.
- 13.Методичні рекомендації до практичних занять, курсового та дипломного проектування з курсу "Опалення" на тему "Теплотехнічний розрахунок і підбір огорожуючих конструкцій будинків різного призначення". Укл. Є.С.Зайченко. // К.: КДТУБА, 1998.-34с.
- 14.ДСТУ Б EN 12831 «Системи опалення будівель. Метод визначення проектного теплового навантаження» / Мінрегіон України. – Київ: Укранхбудінформ., 2012. – 72 с.
- 15.Любарець О. П., Зайцев О. М., Любарець В. О проектування систем водяного опалення (посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ) – Відень - Київ – Сімферополь, 2010 – 201 с.
- 16.Любарець О. П. Опалення. Методичні вказівки до виконання розділу «Гідравлічний розрахунок систем водяного опалення» курсового проекту / Уклад: О. П. Любарець, М. П. Сенчук, В. О. Мілейковський, В. О. Любарець – К.: КНУБА, - 2015. – 40 с.
- 17.<https://www.kermi.com/uk/ua/klimatichne-obladnannja/>
- 18.<https://www.gerc.ua/ua/>
- 19.Жуковський С.С., Возняк О.Т., Омельчук О.В. Гігієна мікроклімату приміщень. Навчальний посібник. - Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005.-88 с.
- 20.Дячук О. «Утилізація тепла і енергоефективність систем вентиляції»
- 21.Ратушняк Г. С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції /Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 122 с.
22. [https://library.knuba.edu.ua/books/33\\_3\\_17.pdf](https://library.knuba.edu.ua/books/33_3_17.pdf)

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. [https://vent.if.ua/?utm\\_source=google&utm\\_medium](https://vent.if.ua/?utm_source=google&utm_medium)
24. <https://ventilator.ua/ru/product/ostberg-ck-250-c/>
25. Гламаздин, П. М., Чепурна, Н. В., Козячина, Б. І. (2023). Вибір методики розрахунку теплового навантаження систем гарячого водопостачання об'єктів зі значною нерівномірністю споживання. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 44, 39–48. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2023.44.39-48>
26. [https://www.daikin.com.ua/uk\\_ua/customers.html](https://www.daikin.com.ua/uk_ua/customers.html)
27. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. Зі Зміною № 1.
28. Кошлак Г.В. Методи аналізу енергоефективності будівель: методичні вказівки для практичних занять. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. – 32 с.
29. Закон України від 22.06.2017 року №2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель».
30. Тимофеев М.В., Фаренюк Г.Г. Розрахунки енергоефективності будівель: Навч. пос. – К.: КНУБА, 2015. – 140 с.
31. Практичні поради, як збільшити енергоефективність житла [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vdalo.info/praktichni-poradi-yak-zbilshiti-energoefektivnist-zhitla/>
32. Беззуб І. Підвищення енергоефективності – запорука забезпечення енергетичної незалежності України / І. Беззуб // Центр досліджень соціальних комунікацій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=745:pidvishpidvish-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350](http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=745:pidvishpidvish-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350)
33. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. – К.: Мінрегіонбуд України, 2015. – 140с.
34. ДСТУ Б А.2.4-16:2008 “Автоматизація технологічних процесів. Умовні графічні зображення приладів і засобів автоматизації в схемах”, – Київ: Міжрегіонбуд України, 2010 – 10с

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

35. Шість кроків до енергоефективності будівель в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecotown.com.ua/news/SHist-kroktiv-do-enerhoefektyvnosti-budivel-v-Ukrayini/>
36. М. Робакевич, А. Панек. Термомодернізація житлового будинку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://thermomodernisation.org/wp-content/uploads/2017/10/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%96%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf>
37. Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти: Практичний посібник. Видання 2-ге, доповнене. / за загальною редакцією Бригілевича В. – Львів, 2014. – 240 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fnst.org/sites/default/files/uploads/2016/08/09/2.pdf>
38. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей. Навчальний посібник. За редакцією В.В. Сафонова - К.: Основа, 2011. - 480с.
39. Законодавство України про охорону праці: У 3 т. – К.: Основа, 2008.- Т.1.-368 с., Т.2-352с., Т.3-464с.
40. ДБН В.1.1-31:2013-«Захист територій, будинків і споруд від шуму»
41. ДБН В.1.1-7:2016 – «Пожежна безпека об'єктів будівництва»

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 з даними характеристик VRV система та ER100GVZ FWD06

Параметр	VRV система	ER100GVZ FWD06
Потужність охолодження	3-50 кВт	10-12 кВт
Потужність обігріву	3-60 кВт	10-12 кВт
EER (коефіцієнт ефективності охолодження)	3.0 - 4.5	3.0 - 3.5
COP (коефіцієнт ефективності обігріву)	3.5 - 5.0	3.5 - 4.0
Тип охолоджувача	R-32 / R-410A	R-32
Тип управління	Центральне дистанційне	/ Дистанційне керування
Інверторна технологія	Так	Так
Шум зовнішнього блоку (дБ)	50-60 дБ	50-55 дБ
Ціна установки	Вища	Нижча

					Кваліфікаційна робота магістра	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 2 для порівняння характеристик VRV системи та ER100GVZ FWD06.**

Параметр	VRV система	ER100GVZ FWD06
Тип системи	Система змінного об'єму охолоджувача (VRV)	Спліт-система / Кондиціонер
Потужність охолодження	3-50 кВт (залежно від моделі)	Приблизно 10-12 кВт (залежить від моделі)
Потужність обігріву	3-60 кВт (залежно від моделі)	Приблизно 10-12 кВт (залежить від моделі)
Коефіцієнт ефективності охолодження (EER)	3.0 - 4.5	3.0 - 3.5
Коефіцієнт ефективності обігріву (COP)	3.5 - 5.0	3.5 - 4.0
Тип охолоджувача	R-32 / R-410A (залежно від моделі)	R-32
Тип управління	Центральне або індивідуальне (дистанційне керування, смартфон, програматори)	Дистанційне керування, пульт управління
Інверторна технологія	Так (інверторний компресор для енергозбереження)	Так (інверторний компресор)
Система фільтрації повітря	Високоякісні фільтри, можливість додавання додаткових фільтрів	Базові фільтри (в залежності від моделі)
Тип установки	Потрібна складна інсталяція, зовнішній блок + кілька внутрішніх блоків	Простий монтаж (1 зовнішній і 1 внутрішній блок)
Максимальна кількість внутрішніх блоків	До 64 (в залежності від моделі)	1 внутрішній блок
Робоча температура	-15°C до +46°C (охолодження); -15°C до +24°C (обігрів)	-10°C до +46°C (охолодження); -10°C до +24°C (обігрів)
Шум зовнішнього блоку	50-60 дБ (залежить від моделі)	50-55 дБ
Гарантія	3-5 років (залежно від виробника)	2-5 років (залежить від виробника)
Ціна установки	Вища, залежно від складності інсталяції (може бути значно дорожче)	Нижча, простіший монтаж

					Арк.
Кваліфікаційна робота магістра					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

## Гідравлічний розрахунок двотрубної системи водяного опалення

Ділянка	Q,Вт	G, кг/год	L, м	D,мм	$\lambda/\square d$ , м <sup>-1</sup>	G/v, кг/год/м/с	A·10 <sup>4</sup>	V,м/с	$\Sigma\zeta$	$\zeta_{\text{прив}}$	S·10 <sup>4</sup> , Па/(кг/год) <sup>2</sup>	$\Delta P$ ,Па	$\Sigma\Delta P$ ,Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	13
<b>Система опалення</b>													
ТП-3	4006 0	4 922	4,8	89*2,8	0,304	19200	0,00134	0,256	0,25	1,71	0,002	555	55478
ТП-3'	40060	4 922	5,2	89*2,8	0,304	19200	0,00134	0,256	0,25	1,83	0,002	594	56072
3-Б	37390	4 594	5,3	76*2,8	0,377	13600	0,00265	0,338	1,3	3,30	0,009	1844	57916
3'-Б'	37390	4 594	5,4	76*2,8	0,377	13600	0,00265	0,338	1,3	3,34	0,009	1865	59782
Б-5	16370	2 011	1,1	50	0,54	7810	0,00806	0,258	1,3	1,89	0,015	617	60399
Б'-5'	16370	2 011	1,2	50	0,54	7810	0,00806	0,258	1,3	1,95	0,016	635	61034
5-4	13335	1 638	6,1	40	0,753	4670	0,225	0,351	1,3	5,89	1,326	35590	96624
5'-4'	13335	1 638	6,3	40	0,753	4670	0,225	0,351	1,3	6,04	1,360	36499	133124
4-В	11400	1 401	8,6	40	0,753	4670	0,225	0,3	3,3	9,78	2,200	43146	176270
4'-В'	11400	1 401	9	40	0,753	4670	0,225	0,3	3,3	10,08	2,267	44476	220746
В-2	2450	301	1,1	25	1,3	2040	1,18	0,148	1,55	2,98	3,516	3186	223932
В'-2'	2450	301	1,4	25	1,3	2040	1,18	0,148	1,55	3,37	3,977	3603	227535
В-1	8950	1 100	4,1	32	0,895	3580	0,383	0,307	1,3	4,97	1,903	23012	250547
В'-1'	8950	1 100	4,2	32	0,895	3580	0,383	0,307	1,3	5,06	1,938	23427	273974
1-11	2940	361	4	32	0,895	3580	0,383	0,101	1,3	4,88	1,869	2438	276412
1'-11'	2940	361	4,8	32	0,895	3580	0,383	0,101	1,3	5,60	2,143	2796	279208
Б-Г	21020	2 582	11	50	0,54	7810	0,00806	0,331	3	9,05	0,073	4864	284072
Б'-Г'	21020	2 582	11	50	0,54	7810	0,00806	0,331	3	9,10	0,073	4893	288965
Г-6	3510	431	0,7	25	1,3	2040	1,18	0,211	1,55	2,46	2,903	5398	294363
Г'-6'	3510	431	0,5	25	1,3	2040	1,18	0,211	1,55	2,20	2,596	4827	299190
Г-7	17510	2 151	2,6	40	0,753	4670	0,225	0,461	1,3	3,26	0,733	33922	322886
Г'-7'	17510	2 151	2,5	40	0,753	4670	0,225	0,461	1,3	3,18	0,716	33138	356024
7-8	13370	1 643	5,9	40	0,753	4670	0,225	0,352	1,3	5,74	1,292	34863	390887
7'-8'	13370	1 643	5,7	40	0,753	4670	0,225	0,352	1,3	5,59	1,258	33949	424836
8-9	8910	1 095	2,7	32	0,895	3580	0,383	0,306	1,3	3,72	1,423	17056	441892
8'-9'	8910	1 095	2,5	32	0,895	3580	0,383	0,306	1,3	3,54	1,355	16235	458127
9-10	6230	765	7,7	25	1,3	2040	1,18	0,375	1,3	11,31	13,346	78185	536312
9'-10'	6230	765	7,4	25	1,3	2040	1,18	0,375	1,3	10,9	12,886	75489	611800

Арк.

Кваліфікаційна робота магістра

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

## Розрахунок приладових віток

Ділян ка	Q,Вт	G, кг/год	L, м	D,мм	$\lambda/d$ , м <sup>-1</sup>	G/v, кг/год/м/ с	$A \cdot 10^4$	V,м/с	$\Sigma \zeta$	$\zeta_{\text{прив}}$	$S \cdot 10^4$ , Па/ (кг/год) <sup>2</sup>	$\Delta P$ ,Па	$\Sigma \Delta P$ ,Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	11	13
1-1,1	6010	738,37	0,4	25	1,3	2040	1,18	0,362	5	5,46	6,437	35093	35093,5
1'-1,1'	6010	738,37	0,2	25	1,3	2040	1,18	0,362	1	1,26	1,487	8106	43199,4
Прил ад	1390	170,77	1,6	15	2,69	685	10,5	0,249	4,6	8,9	93,49	27265	70464,4
1,1- 1,2	4620	567,60	2,5	25	1,3	2040	1,18	0,278	1	4,25	5,015	16157	86621,2
1,1'- 1,2'	4620	567,60	2,5	25	1,3	2040	1,18	0,278	1	4,25	5,015	16157	102778
Прил ад	1330	163,40	1,6	15	2,69	685	10,5	0,239	4,6	8,9	93,49	24962	127740
1,2- 1,3	3290	404,20	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,323	1	6,58	20,74	33888	161628
1,2'- 1,3'	3290	404,20	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,323	1	6,58	20,74	33888	195516
Прил ад	1760	216,23	1,6	15	2,69	685	10,5	0,316	4,6	8,9	93,49	43712	239228
1,3- 1,4	1530	187,97	3,6	15	2,69	685	10,5	0,274	1	10,7	112,2	39638	278865
1,3'- 1,4'	1530	187,97	3,6	15	2,69	685	10,5	0,274	1	10,7	112,2	39638	318503
Прил ад	1530	187,97	1,6	15	2,69	685	10,5	0,274	4,6	8,9	93,49	33034	351537
2-1,2	2450	301,00	2,9	25	1,3	2040	1,18	0,148	5	8,71	10,27	9306	9306,44
2'-1,2'	2450	301,00	2,7	25	1,3	2040	1,18	0,148	1	4,51	5,322	4822	14128
Прил ад	290	35,63	1,6	15	2,69	685	10,5	0,052	4,6	8,9	93,49	1187	15314,8
1,2- 1,3	2160	265,37	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,212	1	6,58	20,74	14607	29921,8
1,2'- 1,3'	2160	265,37	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,212	1	6,58	20,74	14607	44528,9
1,3- 1,4	1540	189,20	3,6	15	2,69	685	10,5	0,276	1	10,7	112,2	40157	90110,7
1,3'- 1,4'	1540	189,20	3,6	15	2,69	685	10,5	0,276	1	10,7	112,2	40157	130268

Арк.

Кваліфікаційна робота магістра

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Прилад	1540	189,20	1,6	15	2,69	685	10,5	0,276	4,6	8,9	93,49	33467	163735
3-1,2	2670	328,03	2,5	25	1,3	2040	1,18	0,161	5	8,25	9,735	10475	10475,1
3'-1,2'	2670	328,03	2	25	1,3	2040	1,18	0,161	1	3,6	4,248	4571	15046,1
Прилад	750	92,14	1,6	15	2,69	685	10,5	0,135	4,6	8,9	93,49	7938	22983,8
1,2-1,3	1920	235,89	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,189	1	6,58	20,74	11541	34525,2
1,2'-1,3'	1920	235,89	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,189	1	6,58	20,74	11541	46066,5
Прилад	1240	152,34	1,6	15	2,69	685	10,5	0,222	4,6	8,9	93,49	21698	67764,5
1,3-1,4	680	83,54	3,6	15	2,69	685	10,5	0,122	1	10,7	112,2	7830	75594,1
1,3'-1,4'	680	83,54	3,6	15	2,69	685	10,5	0,122	1	10,7	112,2	7830	83423,8
Прилад	680	83,54	1,6	15	2,69	685	10,5	0,122	4,6	8,9	93,49	6525	89949
4-1,2	1935	237,73	0,7	25	1,3	2040	1,18	0,117	5	5,91	6,974	3941	3941,23
4'-1,2'	1935	237,73	0,7	25	1,3	2040	1,18	0,117	1	1,91	2,254	1274	5214,97
Прилад	870	106,89	1,6	15	2,69	685	10,5	0,156	4,6	8,9	93,49	10681	15896
1,2-1,3	1065	130,84	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,105	1	6,58	20,74	3551	19447
1,2'-1,3'	1065	130,84	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,105	1	6,58	20,74	3551	22998,1
Прилад	625	76,79	1,6	15	2,69	685	10,5	0,112	4,6	8,9	93,49	5512	28510,4
1,3-1,4	440	54,06	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,043	1	6,58	20,74	606	606,121
1,3'-1,4'	440	54,06	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,043	1	6,58	20,74	606	1212,24
Прилад	440	54,06	1,6	15	2,69	685	10,5	0,079	4,6	8,9	93,49	2732	3944,24
5-1,1	3035	372,87	1,9	15	2,69	685	10,5	0,544	5	10,1	106,2	14760 5	147605
5'-1,1'	3035	372,87	1,7	15	2,69	685	10,5	0,544	1	5,57	58,52	81357	228962
Прилад	1120	137,60	1,6	15	2,69	685	10,5	0,201	4,6	8,9	93,49	17702	246664

Арк.

Кваліфікаційна робота магістра

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

1,1-1,2	1915	235,27	1,9	25	1,3	2040	1,18	0,115	1	3,47	4,095	2266	248931
1,1'-1,2'	1915	235,27	1,9	25	1,3	2040	1,18	0,115	1	3,47	4,095	2266	251197
Прилад	850	104,43	1,6	15	2,69	685	10,5	0,152	4,6	8,9	93,49	10196	261393
1,2-1,3	1065	130,84	3,7	20	1,79	1250	3,15	0,105	1	7,66	24,13	4130	265523
1,2'-1,3'	1065	130,84	3,7	20	1,79	1250	3,15	0,105	1	7,66	24,13	4130	269653
Прилад	625	76,79	1,6	15	2,69	685	10,5	0,112	4,6	8,9	93,49	5512	275165
1,3-1,4	440	54,06	8,7	15	2,69	685	10,5	0,079	1	24,5	257,4	7521	254185
1,3'-1,4'	440	54,06	8,3	15	2,69	685	10,5	0,079	1	23,4	246,1	7190	261375
Прилад	440	54,06	1,6	15	2,69	685	10,5	0,079	4,6	8,9	93,49	2732	264107
6-1,2	3510	431,23	2,9	25	1,3	2040	1,18	0,211	5	8,71	10,27	19101	19101,4
6'-1,2'	3510	431,23	2,7	25	1,3	2040	1,18	0,211	1	4,51	5,322	9896	28997,7
Прилад	1350	165,86	1,6	15	2,69	685	10,5	0,242	4,6	8,9	93,49	25718	54716,1
1,2-1,3	2160	265,37	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,212	1	6,58	20,74	14607	69323,1
1,2'-1,3'	2160	265,37	3,1	20	1,79	1250	3,15	0,212	1	6,58	20,74	14607	83930,1
Прилад	1000	122,86	1,6	15	2,69	685	10,5	0,179	4,6	8,9	93,49	14112	98041,7
1,3-1,4	1160	142,51	3,6	15	2,69	685	10,5	0,208	1	10,7	112,2	22785	120826
1,3'-1,4'	1160	142,51	3,6	15	2,69	685	10,5	0,208	1	10,7	112,2	22785	143611
Прилад	1160	142,51	1,6	15	2,69	685	10,5	0,208	4,6	8,9	93,49	18989	162599

					Кваліфікаційна робота магістра				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

