КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Інженерних систем та екології
(факультет)
Теплотехніки
(назва випускової кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

на тему:

Теплоенергетичні системи підтримання мікроклімату громадської будівлі з розробкою котельні в м.Вишневе Київської області

ВАСИЛЕНКО НІКІТА ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(прізвище, ім’я та по батькові здобувача повністю)

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Інженерних систем та екології
(факультет)
Теплотехніки
(назва випускової кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____
„___” _____20___ року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

Теплоенергетичні системи підтримання мікроклімату громадської будівлі з розробкою котельні в м.Вишневе Київської області
(назва)

Виконав __Василенко Нікіта Олександрович
(прізвище, ім’я та по батькові повністю)
_144 Теплоенергетика_____
(спеціальність)
Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні та промислові теплові технології _____
(освітня програма)
Група __ТЕ-21_____
Керівник_ Чепурна Н.В._____
(прізвище та ініціали)
Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: Інженерних систем та екології
Випускова кафедра: Теплотехніки
Освітній ступінь: бакалавр
Спеціальність 144 Теплоенергетика
освітня програма: Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні та промислові теплові технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри теплотехніки

_____
„___”_____20___ року

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

_____ВАСИЛЕНКО НІКІТА ОЛЕКСАНДРОВИЧ_____
(прізвище, ім’я та по батькові здобувача)

Тема роботи Теплоенергетичні системи підтримання мікроклімату громадської будівлі з розробкою котельні в м.Вишневе Київської області
затверджена наказом ректора КНУБА №_____від «__» _____2025р.
1. Керівник роботи Чепурна Н.В.
(прізвище, ім’я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання) 3.
Строк подання здобувачем роботи до захисту_____
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
Р. 1.Характеристика об’єкту та вихідні дані
Р. 2.Теплотехнічний розрахунок
2.1. Розрахунок огороджувальних конструкцій
2.2. Розрахунок тепловтрат та теплонадходжень
Р. 3. Підбір обладнання
3.1. Підбір буферної ємності
3.2. Система кондиціювання

3.3. Підбір фанкойлів

3.4. Система гарячого водопостачання

3.5. Вибір бойлера системи гарячого водопостачання

3.6. Підбір розширювального баку системи гарячого водопостачання

Р. 4. Організація та технологія будівельно-монтажних робіт

4.1. Побудова графіку руху робочої сили

4.2. Сіткове планування

4.3. Монтаж системи опалення

4.4. Монтаж вентиляційних систем

Р. 5. Автоматизація

Р. 6. Енергозбереження

Список використаної літератури

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Характеристика об'єкту та вихідні дані	Червень, 2025
Розділ 2. Теплотехнічний розрахунок	Червень, 2025
Розділ 3. Підбір обладнання	Червень, 2025
Розділ 4. Організація та технологія будівельно-монтажних робіт	Червень, 2025
Розділ 5 Автоматизація	Червень, 2025
Розділ. 6. Енергозбереження	Червень, 2025
Остаточне оформлення роботи	Червень, 2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	Червень, 2025
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	Червень, 2025
Направлення роботи на рецензування	Червень, 2025

Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____ Кириченко М.А.__
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник _____ Чепурна Н.В._
(підпис) (прізвище, ініціали)

Здобувач _____ _Василенко Н.О.___
(підпис) (прізвище, ініціали)

1. *ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ*

Об'єкт – **громадська офісна будівля класу «В»** у місті Вишневе. Будівля призначена для розміщення офісів, закладу харчування для співробітників, а також має дахову котельню та розвинену інженерію.

Основні параметри будівлі

- Поверховість: 8 поверхів, підвал, два технічні поверхи на відм. +29,270 м та +32,540 м.
- Висота будівлі: не більше 26,5 м до підлоги верхнього поверху (без урахування технічних).
- Загальна площа: 10 200 м².
- Категорія складності об’єкта: IV.
- Кількість постійно працюючих осіб: 340–370.

Архітектурно-планувальна частина

Будівля стоїть окремо, передбачена **максимально відкрита площа (open space)** для гнучкого планування.

- Корисне навантаження на підлогу: 250 кг/м²; до 400 кг/м² у комутаційних кімнатах.
- Висота у світлі: 2,8 м (від підлоги до підвісної стелі).
- Висота між перекриттями: 3,6 м.
- Хол з приймальною зоною: ≈80 м².
- Вхідна група з розсувними дверима, ширина тамбуру: 2,6 м.

Орієнтовний розподіл приміщень:

- Підвал: технічні приміщення, заклад харчування.
- 1 поверх: хол, рецепція, офісні приміщення, охорона.

- 2–8 поверхи: офісні приміщення вільного планування.
- Технічні поверхи: інженерне обладнання, котельня, ПВУ.
- Покрівля: зовнішні блоки кондиціонування, вентиляція.

Санвузли:
На кожному поверсі: 4 унітази для жінок, 3 унітази і 2 пісуари для чоловіків, санвузли для осіб з інвалідністю.

Конструктивна частина

- **Конструктивна схема:** залізобетонний каркас, II ступінь вогнестійкості.
- Фундаменти – комбіновані.
- Перекриття – монолітні, безбалочні.
- Колони – залізобетонні.
- Покрівля – експлуатована.
- Сходові клітки – з вогнестійкого залізобетону.
- Ліфтові шахти – монолітні.
- Зовнішні стіни – газобетон AEROC + утеплювач ROCKWOOL.
- Вікна – алюмінієві зі склопакетами, відчиняються.
- Внутрішні перегородки – гіпсокартон по металокаркасу.
- Стелі – типу "Армстронг", гіпсокартонні.
- Підлога – рулонне покриття, натуральний камінь.

Зовнішнє оздоблення

- Фасад – вентильований, композитні панелі, світлопрозора система.

- Є кріплення під монтаж рекламних банерів.

Технологічна частина

- **Режим роботи:** цілодобово, 360 днів/рік.
- Прибирання – механізоване, вологе.
- Герметизація і шумоізоляція – між технічними поверхами, котельнею, насосною та приміщенням ГРЩ.
- Гідроізоляція: в котельні, санвузлах, місцях інженерного обладнання.
- Ліфти: 3 шт. (2×630 кг, 1×1000 кг), зупинка на всіх поверхах.

Інженерне забезпечення

Котельня

- Дахова котельня, категорія пожежної небезпеки – Г.
- 2 котли Viessmann Vitoplex 200 SX2, потужність 0,774 Гкал/год, ККД – 95%.
- Пальники Weishaupt WM-G20/2-A ZM-LN (Low NOx).

Опалення

- Джерело – дахова котельня (90/70 °С).
- Система – двотрубна, горизонтальна.
- Прилади – радіатори PRESS, термоголовки HONEYWELL.
- Трубопроводи – поліпропіленові FV-PLAST Stabi, ізоляція Armaflex.
- Теплові завіси – у вхідних тамбурах та кафе.

Вентиляція та кондиціонування

- ПВУ Aerostar з рекуператорами (крім кухні).
- Холодильні машини Rhoss, з виносними конденсаторами Guntner.

- Холодопродуктивність – 1540 кВт.
- Fan-coil система – полімерні трубопроводи, зовнішні блоки на покрівлі (≈32–36 шт.).

Димовидалення

- Системи сертифіковані в Україні, згідно з ДБН.

Електропостачання

- Щити – MOELLER, перекидні рубильники SOCOMEC.
- Захист – автоматичні вимикачі, блискавкозахист OBO BETTERMANN.

Автоматизація

- Диспетчеризація на контролерах Honeywell HAWK.

Захист від шуму

- Повна шумоізоляція технічних приміщень.

Протипожежні заходи

- Система пожежної сигналізації – адресна.
- Всі елементи виконані згідно з чинними ДБН.

2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

2.1 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Кліматологічні дані для холодного періоду року для м. Київ становлять:

-середня температура найхолоднішої п’ятиденки забезпеченістю 0,92:

$$t_{зов} = -22C;$$

-тривалість опалювального сезону (періоду з середньою добовою температурою зовнішнього повітря $t_{зов} \leq 8C$):

$$Zo.c = 187діб;$$

-середня температура зовнішнього повітря опалювального сезону:

$$t_{o.c} = -1,1C$$

Кількість градусо-діб опалювального сезону обчислюємо за формулою:

$$S = (t_{вн} - t_{o.c})Z_{o.c} = (20 + 1,1)187 = 3946 \text{ грідусо/діб};$$

де $t_{вн}$, ˚С – розрахункова температура внутрішнього повітря для житлових будинків.

Київська обл. знаходяться у першій температурній зоні.

Зона вологості Київської обл. – нормальна(Н).

Огороджуючі конструкції слід підбирати у відповідності з умовами їх експлуатації, котрі визначають в залежності від вологісного режиму приміщень і зони вологості.

Отже, для проектного будинку приймаємо умови експлуатації огороджень Б.

ЗОВНІШНІ СТІНИ

Згідно табл.8 (8) нормативний опір теплопередачі:

$$R_{заг} = 2,8 \text{ м}^2\text{˚С/Вт}.$$

Термічний опір огородження, яке складається із неоднорідних шарів, розраховується за формулою:

$R_к = (R_a + 2 \times R_b)/3 = (2{,}8 + 2 \times 2{,}8)/3 = 2{,}8 м^2 с/Вт$;

де R_a- середньоваговий термічний опір при розбитті огородження площинами, паралельними направленню теплового потоку $м^2с/Вт$;

R_b- сума термічних опорів шарів із таблиці 2.2, $м^2с/Вт$.

ПОКРІВЛЯ

Нормативний опір теплопередачі:

$R_{заг}$ =3,3

Термічний опір покрівлі, яка складається із однорідних шарів, дорівнює сумі термічних опорів шарів:

$R_к$=3,3 $м^{2^\circ}С/Вт$

ПЕРЕКРИТТЯ НАД ПІДВАЛОМ

Опір теплопередачі:

$R_{заг}$=1

Приймаємо таку конструкцію перекриття:

- паркет, δ=22 мм на мастиці;
- фанерний листна клею та дюбелях, δ=18мм;
- армований бетон, δ=40мм;
- утеплювач Foamglass δ=30мм;
- з/б плита перекриття, δ=190 мм;
- підшивна стеля (гіпсокартон), δ=220мм.

Загальна товщина конструкції $\delta_{заг}$=315 мм.

ВІКНА ТА БАЛКОННІ ДВЕРІ

Нормативний опір теплопередачі:

Приймаємо потрійне засклення (подвійний склопакет):

Результати розрахунку та підбору огороджуючи конструкцій зводимо у таблицю

Таблиця

Характеристика огороджуючих конструкцій офісної будівлі

Призначення огородження	*Проектний склад і матеріал конструкцій огорожження*	*Товщина В, м*	*Нормативний опір теплопередачі, м^2 ˚С/Вт*
Зовнішня стіна, □ = 570мм	камінь облицювальний	0,03	2,8
	цементний розчин	0,02	
	ізоляція	0,10	
	піноблок	0,4	
	штукатурка	0,02	
ВСЬОГО		0,570	
Покрівля, □ = 619мм	гідроізоляція утеплювач легкий бетон пароізоляція з/б плита підшивна стеля (гіпсокартон)	0,002 0,2 0,2 0,002 0,2 0,015	3,3
ВСЬОГО		0,619	
Перекриття над підвалом, □ = 315мм	паркетна дошка фанерний лист армований бетон утеплювач з/б плита перекриття підшивна стеля	0,022 0,018 0,04 0,03 0,19 0,015	1
ВСЬОГО		0,315	
Вікна	подвійний склопакет	0,024	0,61
ВСЬОГО		0,024	

2.2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ ТА ТЕПЛОНАДХОДЖЕНЬ

Розрахунковий тепловий потік через огороджуючі конструкції, кВт, визначається за формулою:

$$Q_{\text{о.к.}} = \frac{1}{R} \times A \times (t_{\text{вн}} - t_{\text{з}}) \times (1 + \Sigma b) \times n \times 10^{-3}, \text{кВт},$$

де A- розрахункова площа огороджуючої конструкції, м^2;

R- опір теплопередачі огороджуючої конструкції, м^2 ˚С/Вт.

$t_{вн}$- розрахункова температура внутрішнього повітря, ˚С;

$t_{вн}$- розрахункова температура зовнішнього повітря, ˚С;

n- коефіцієнт, який приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огороджуючої конструкції по відношенню до зовнішнього повітря,

b- додаткові втрати теплоти в долях від основних втрат; для зовнішніх вертикальник і похилих поверхонь, орієнтованих в бік, звідки в січні дме вітер зі швидкістю, яка перевищує 4,5 м/с і з повторюваністю не менш 15% згідно СниП 2.01.01-82, в розмірі 0,05 при швидкості повітря до 5 м/с.

Розрахункові втрати теплоти на нагрівання повітря, яке інфільтрується через нещільності огороджуючих конструкцій знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{інф}} = (0{,}2 \ldots 0{,}3) \times Q_{\text{о.к.}}, \text{кВт}.$$

Розрахункові втрати теплоти на нагрівання припливного повітря знаходяться за формулою:

$$Q_{\text{ven}} = L \times c \times \rho \times 1{,}163 \times \Delta t \times 10^{-3}, \text{кВт},$$

де L- витрата повітря даного приміщення), м^3/год (визначається за формулою: L=$V_{пр}$х n, де V=100 м^3- об’єм приміщення, n=1, 1/год- кратність повітря);

c- теплоємність повітря (с=0,24);

р- густина внутрішнього повітря (при швидкості повітря в робочій зоні 0,2 м/с р=1,2), кг/м^3;

1,163- перевідний коефіцієнт;

$\Delta t=t_з-t_{вн}$- різниця температур зовнішнього повітря $t_з$ та внутрішнього повітря в приміщенні $t_{вн}$, ˚С.

Сумарні тепловтрати визначаються за формулою:

$$\Sigma Q = Q_{\text{о.к.}} + Q_{\text{інф}} + Q_{\text{ven}}, \text{кВт}.$$

Приклад розрахунку приміщення 5(перший поверх):

Розрахунковий тепловий потік через зовнішню стіну, кВт:

$$Q_{\text{о.к.}}^{\text{з.с.}} = \frac{1}{2,8} \times 7,05 \times (20 - (-22)) \times (1 + 0,05) \times 1 \times 10^{-3} = 0,115\text{кВт};$$

Розрахунковий тепловий потік через вікно, кВт:

$$Q_{\text{о.к.}}^{\text{в.}} = \frac{1}{0,61} \times 2,07 \times (20 - (-22)) \times (1 + 0,05) \times 1 \times 10^{-3} = 0,143\text{кВт};$$

Для трьох вікон $Q_{\text{о.к.}}^{\text{в.}} = 3 \times 0,143 = 0,428\text{кВт}$

Розрахунковий тепловий потік через внутрішню стіну, кВт:

$$Q_{\text{о.к.}}^{\text{п.}} = \frac{1}{0,32} \times 20,4 \times (16 - 20) \times (1 + 0,05) \times 1 \times 10^{-3} = 0,255\text{кВт}$$

Розрахунковий тепловий потік через внутрішнє перекриття, кВт:

$$Q_{\text{о.к.}}^{\text{п.}} = \frac{1}{0,69} \times 30,24 \times (20 - 20) \times (1 + 0,05) \times 1 \times 10^{-3} = 0\text{кВт}$$

Сумарний тепловий потік через огороджуючі конструкції, кВт:

$$Q_{\text{о.к.}} = Q_{\text{о.к.}}^{\text{з.с.}} + Q_{\text{о.к.}}^{\text{в.}} + Q_{\text{о.к.}}^{\text{п}} + Q_{\text{о.к.}}^{\text{п}} = 0,115 + 0,428 + 0,255 + 0 = 0,798\text{кВт}$$

Розрахункові втрати теплоти на нагрівання повітря, яке інфільтрується через нещільності огороджуючих конструкцій знаходяться за формулою:

$$Q_{\text{інф}} = (0,2...0,3) \times (Q_{\text{о.к.}}^{\text{з.с.}} + Q_{\text{о.к.}}^{\text{в}}) = 0,2 \times 0,543 = 0,109\text{кВт}.$$

Розрахункові втрати теплоти на нагрівання припливного повітря знаходяться за формулою:

$$Q_{\text{ven}} = 100 \times 0,24 \times 1,2 \times 1,163 \times (-22 - 20) \times 10^{-3} = 1,414\text{кВт}$$

Тоді загальний тепловий потік складає:

$$Q = Q_{\text{о.к.}} + Q_{\text{інф}} + Q_{\text{ven}} = 0,798 + 0,109 + 1,414 = 2,321\text{кВт}$$

Параметри зовнішнього повітря прийняті по параметрам для теплого періоду параметри А; для холодного - параметри Б:

-для теплого періоду: t_{ext} = 28,7 □C; I_{ext}=56,1 кДж/кг.

-для холодного періоду: t_{ext} =-22 □C; I_{ext}=-20,7 кДж/кг..

- географічна широта: 51˚ Пн. ш.;

- барометричний тиск: 99 кПа

Параметри повітря у приміщеннях прийняті відповідно до вимог завдання:

Для теплого періоду:

температура у робочій зоні:

$t_{wz} = 20 \div 24$ °C ;

швидкість руху повітря – 0,3 м/с;

Для холодного періоду:

температура – t_{wz} = +20 □C;

швидкість руху повітря – 0,2 м/с;

Сумарні тепловтрати офісної будівлі складають 595,5 кВт.

3. ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ

3.1 Підбір буферної ємності

У сучасних системах теплопостачання буферна ємність (теплоакумулятор) виконує функцію накопичення надлишкового тепла від джерела теплоти — наприклад, котлів або альтернативних джерел енергії (теплових насосів, сонячних колекторів). Її застосування дозволяє забезпечити стабільну роботу теплогенеруючого обладнання, підвищити ефективність та надійність системи в цілому.

Буферна ємність дозволяє:

- компенсувати пікові навантаження;
- оптимізувати роботу котельного обладнання;
- зменшити частоту вмикання/вимикання котлів;
- зберігати надлишкову теплову енергію.

Вихідні дані для підбору буферної ємності:

- Максимальні тепловтрати будівлі: Q=595,5 кВт
- Температурний графік системи опалення: 80/60 °C
- Бажаний час автономної роботи системи без включення котлів: t=2 год
- Питома теплоємність води: 1,163 кВт
- Коефіцієнт переведення кВт·год у кДж: 860

Розрахунок об’єму буферної ємності
Розрахунок виконується за формулою:

$$V=Q\cdot t\cdot 860/1{,}163\cdot \Delta T$$

де:

- Q — тепловтрати будівлі, кВт;
- t — тривалість роботи системи без джерела тепла, год;

- ΔT — температурний перепад у ємності, °C;
- V — об’єм буферної ємності, л.

Підставляємо значення для перепаду температури ΔT=80−60=20 °C

V=595,5·2·860/1,163·20=1024860/23,26≈4405,6 л

Результати та вибір обладнання

Згідно з розрахунком, об’єм буферної ємності повинен становити приблизно 4406 літрів. З урахуванням типорозмірів обладнання, доцільно обрати ємність на 4500 літрів.

Рекомендована модель:

- Виробник: Meibes / Reflex / Lapesa (або інший надійний виробник)
- Модель: Буферна ємність BA-4500
- Об’єм: 4500 л
- Матеріал: сталь з антикорозійним покриттям
- Ізоляція: мінеральна вата/вспінений поліуретан
- Максимальний тиск: 3 бар
- Робоча температура: до 95 °C
- Підключення: DN65–DN100

Для забезпечення стабільної та автономної роботи системи теплопостачання громадської будівлі рекомендовано встановити буферну ємність об'ємом 4500 літрів, що забезпечить 2-годинну роботу системи при повному навантаженні без запуску котлів. Це підвищить ефективність роботи дахової котельні та дозволить зменшити витрати енергії.

3.2 Система кондиціювання повітря

У проєктованій громадській будівлі в місті Вишневе для забезпечення комфортних параметрів мікроклімату в теплий період року передбачається застосування спліт-систем кондиціювання повітря. Обраний варіант є технічно доцільним рішенням з огляду на архітектуру будівлі та її функціональне зонування.

Загальна характеристика будівлі:

- Загальна площа: 10 200 м²
- Кількість поверхів: 8
- Середня висота поверху: 3,3 м
- Орієнтовний загальний об’єм будівлі:

$V = 10\,200\ м2 \times 3{,}3\ м = 33\,660\ м3$

Обґрунтування вибору системи

Вибір спліт-систем пояснюється наступними перевагами:

- незалежне регулювання температурного режиму в кожному приміщенні;
- простота проєктування і монтажу;
- відносно низькі капітальні витрати у порівнянні з VRV/VRF-системами;
- гнучкість у розміщенні внутрішніх і зовнішніх блоків;
- зручність сервісного обслуговування.

Орієнтовний розрахунок холодопродуктивності

Для попередньої оцінки теплового навантаження на охолодження застосовується питомий показник теплонадходжень у громадських будівлях в літній період:

$q = 110\ Вт/м2$

Отже, загальна холодопродуктивність системи:

Q=10 200 м2×110 Вт/м2=1 122 000 Вт=1122 кВтQ

Схема застосування

Для забезпечення комфортного мікроклімату передбачається встановлення інверторних спліт-систем у всіх приміщеннях будівлі з орієнтовною потужністю однієї системи від 5 до 7 кВт.

Передбачено розташування зовнішніх блоків спліт-систем на покрівлі будівлі в два поверхи біля місць виходу фреонопроводів. Приблизна кількість зовнішніх блоків становить 32–36 одиниць.

Типи внутрішніх блоків підбираються залежно від функціонального призначення приміщень (настінні, касетні, канальні), що дозволяє максимально ефективно охолоджувати повітря з урахуванням планування будівлі.

Енергозбереження

Для зниження споживання електроенергії планується:

- застосування інверторних компресорів з класом енергоефективності A++;
- впровадження автоматичного зонування та програмованих режимів роботи;
- використання таймерів та режимів "економ" і "нічний".

Розподіл зовнішніх блоків спліт-систем на даху по поверхах із приблизним навантаженням і кількістю блоків:

Поверх розташування зовнішніх блоків	Кількість блоків	Орієнтовна потужність одного блоку (кВт)	Загальна потужність (кВт)	Примітки
Верхній дах (8-й поверх)	18	6	108	Основна група блоків
Нижній дах (7-й поверх)	14	6	84	Допоміжна група блоків
Всього	32	-	192	Запас потужності для

Поверх розташування зовнішніх блоків	Кількість блоків	Орієнтовна потужність одного блоку (кВт)	Загальна потужність (кВт)	Примітки
				навантажень

Монтаж зовнішніх блоків

- Зовнішні блоки встановлюються на металевих платформах на покрівлі будівлі в два яруси для оптимального використання площі.
- Місця монтажу вибираються біля виходів фреонопроводів з внутрішніх блоків для мінімізації довжини магістралей і втрат холодоагенту.
- Забезпечується надійне кріплення блоків і захист від атмосферних впливів.
- Передбачені заходи для безпечного доступу технічного персоналу для обслуговування і ремонту.

3.3. Підбір фанкойлів

Тип системи холодопостачання: 2-трубна система. Трубопроводи для підключення фанкойлів: полімерні (переважно поліпропіленові або ПВХ), що забезпечує високу корозійну стійкість і легкість монтажу

Розподіл теплового навантаження:

1. Розподіляємо теплову потужність на поверхи:

Qповерх=595,5 кВт/8≈74,4 кВт на поверх

2. Вибираємо середню потужність одного фанкойла — 5 кВт (стандарт для офісних приміщень).
3. Кількість фанкойлів на поверх:

Nфанкойлів на поверх=74,4/5≈15

4. Загальна кількість фанкойлів:

Nфанкойлів=15×8=120

Особливості підключення фанкойлів до 2-трубної системи з полімерними трубами:

- 2-трубна система передбачає подачу теплоносія (холодоносія) або для охолодження, або для опалення в певний період, що знижує складність трубопроводів і вартість монтажу.

- Полімерні трубопроводи забезпечують високу корозійну стійкість, гнучкість монтажу, відсутність відкладень і низький рівень шуму при русі теплоносія.

- Завдяки легкості та довговічності полімерів значно спрощується технічне обслуговування і зменшується ризик аварійних ситуацій.

- Монтаж полімерних трубопроводів можна виконувати відкритим або прихованим способом, що дозволяє гнучко адаптувати систему під архітектуру будівлі.

- Для забезпечення належної циркуляції теплоносія в фанкойлах потрібно передбачити регулювальну арматуру та балансувальні клапани на розподільних колекторах.

Рекомендації щодо фанкойлів:

- Обирати фанкойли із вбудованими електродвигунами з регульованою швидкістю, що дозволить гнучко управляти подачею повітря.

- Забезпечити шумопоглинальні властивості фанкойлів для комфортного середовища.

- Використовувати настінні або канальні типи фанкойлів залежно від конфігурації приміщень.

- Передбачити легкий доступ для технічного обслуговування та заміни фільтрів.

Гідравлічні характеристики полімерних труб для 2-трубної системи

- Для систем холодопостачання та опалення використовують полімерні труби, наприклад, поліпропіленові (ППР) або пероксидозшитий поліетилен (PEX).

- Внутрішній діаметр труб підбирається в залежності від витрати теплоносія, щоб забезпечити оптимальну швидкість руху теплоносія 0,3–0,6 м/с (щоб уникнути шуму і гідравлічних втрат).

Підбір конкретних моделей фанкойлів

- Орієнтуючись на потужність 5 кВт, можна розглядати такі популярні моделі:

    - Mitsubishi Electric MFZ-KJ50VE — потужність до 5 кВт, має інверторне керування.

    - General Fujitsu AGYG12LLCA — близько 5 кВт, надійний та ефективний.

3.4 Система гарячого водопостачання

Система гарячого водопостачання (ГВП) у проектованій громадській будівлі призначена для забезпечення санітарно-гігієнічних потреб працівників адміністративно-офісних приміщень. Проєктована система передбачає забезпечення гарячою водою до 340–370 осіб, які одночасно можуть перебувати в будівлі та користуватися нею.Система побудована як централізована, із підключенням до дахової котельні, яка є автономним джерелом теплової енергії.

Для розрахунку витрати гарячої води приймається наступна методика:

Вихідні дані:

- Кількість користувачів — 355 осіб (середнє між 340 і 370);
- Норма витрати гарячої води на одну особу для адміністративних будівель (згідно з ДБН В.2.5-64:2012) — 25 літрів/добу;
- Температура гарячої води на виході з бойлера — 60 °С;
- Температура холодної води — 10 °С.

Добова витрата гарячої води:

$V_{доб.}=355\cdot25=8\ 875$ л/добу

Годинна витрата (приймаємо коефіцієнт нерівномірності 0,15):

$V_{год.}=8{,}875\cdot0{,}15=1{,}33$ м3/год

Це значення використовується для підбору об’єму бойлера та характеристик насосів циркуляції.

Температурні режими та нормативні вимоги

- Температура гарячої води на подачі — 60 °С (оптимальна для запобігання розвитку легіонел та забезпечення гігієнічних норм).
- Температура гарячої води у точках водорозбору — не нижче 50 °С.
- Температура холодної води в системі — в середньому 10 °С.

- Коефіцієнт змішування холодної і гарячої води — враховується при підборі об'єму бойлера (див. п. 3.5).

Якість води повинна відповідати вимогам до питної води згідно з ДСТУ 7525:2014 та нормативів МОЗ України.

Проєктована система гарячого водопостачання передбачає:

- Циркуляційну систему, що забезпечує постійний рух гарячої води по замкненому контуру, зменшуючи час очікування на її отримання в точках споживання;

- Вертикальний розподіл стояків, об’єднаних у групи по поверхах;

- Основний стояк подачі з розгалуженнями до технічних приміщень кожного поверху;

- Повернення циркуляції до бойлера для постійного підігріву та стабілізації температури в системі.

- Трубопроводи подачі та циркуляції гарячої води — з поліпропілену з армуванням (типу PPR-AL-PPR), що витримує температуру до 95 °C;

- Ізоляція трубопроводів — з мінеральної вати (або пінополіуретану) для зменшення тепловтрат;

- Арматура — кульові крани, зворотні клапани, регулювальні вентилі, з термостійкого латунного сплаву;

- Циркуляційний насос — підбирається згідно з гідравлічними втратами у п. 3.5 (подача орієнтовно 1,3–1,5 м³/год);

- Запобіжна арматура — встановлюється на бойлері (клапани, термостати, група безпеки).

3.5 Вибір бойлера системи гарячого водопостачання

Для вибору бойлера накопичувального типу, який забезпечить потреби гарячого водопостачання громадської будівлі, приймаємо такі дані:

- Кількість користувачів — 355 осіб (середнє з оціненого діапазону 340–370 осіб);
- Добове споживання гарячої води — 8,875 м³ (див. п. 3.4);
- Годинна витрата — приблизно 1,33 м³/год;
- Температура гарячої води — 60 °C;
- Температура холодної води — 10 °C;
- Температура змішаної води на споживання — 40–45 °C (приймаємо 42 °C);
- Температурний графік системи опалення — 80/60 °C;
- Коефіцієнт одночасності — 0,4 (для офісних будівель згідно з ДБН В.2.5-64:2012);
- Тривалість інтенсивного водорозбору — 1 година (ранковий пік).

Для накопичувального бойлера розраховується об’єм нагрітої води, виходячи з потреби у період найбільшого споживання:

1. Об’єм змішаної води на годину:

Vзм=1,33 м3

2. Об’єм гарячої води, необхідної для змішування (із температурного балансу):

Vгв=(Тсм−Тхв/Тгв−Тхв)·Vзм=(42−10/60−10)·1,33=0,852 м3

Таким чином, потрібно приблизно 850 літрів гарячої води за одну годину максимуму споживання. Щоб система працювала стабільно, необхідно забезпечити цей обсяг із запасом на повторне підігрівання, теплові втрати та можливі коливання тиску.

3. Орієнтовно приймаємо бойлер об'ємом:

Vбойлера=1,2·850=1 020 л≈1 м3

З урахуванням запасу, рекомендовано обрати бойлер об'ємом 1000–1200 літрів.

Рекомендовано застосувати накопичувальний бойлер непрямого нагріву (із вбудованим теплообмінником), що працює від системи опалення (графік 80/60 °C).

Параметри:

- Об’єм: 1000–1200 л;
- Матеріал внутрішнього бака: нержавіюча сталь;
- Теплоізоляція: пінополіуретан, 50–100 мм;
- Кількість змійовиків: 1 (або 2 для більшої площі теплообміну);
- Продуктивність теплообмінника: не менше 50 кВт;
- Тепловтрати: не більше 1,5 кВт/добу.

Бойлер непрямого нагріву Drazice OKC 1000 NTRR/HP або **Buderus Logalux SU1000**:

Параметр	**Значення**
Об’єм	1000 л
Площа теплообмінника	2,5–3,0 м²
Номінальний тиск	6 бар
Теплова потужність	до 60 кВт
Ізоляція	Пінополіуретанова, 100 мм
Максимальна температура	95 °C
Матеріал бака	Сталь із емалевим покриттям
Кількість фланців/входів	5–6

- Теплоносій подається з котельні по трубопроводах опалення;
- Встановлюється триходовий клапан або насос керування контуром ГВП;

- На звороті — зворотній клапан і насос для циркуляції гарячої води;
- Підключення до розширювального бака

3.6 Підбір розширювального бака системи гарячого водопостачання

Розширювальний бак у системі гарячого водопостачання призначений для компенсації об'єму, що виникає внаслідок теплового розширення води під час її нагрівання. Це дозволяє уникнути надлишкового тиску в системі, попереджає спрацьовування запобіжних клапанів, витоки та пошкодження обладнання.

Бак виконує функцію буфера між водонагрівачем (бойлером) і споживчою мережею, приймаючи розширену воду до моменту її охолодження або споживання.

Вихідні дані для розрахунку

- Об’єм бойлера: 1000 л (згідно з п. 3.5);
- Температура холодної води: 10 °C;
- Температура нагріву: 60 °C;
- Теплове розширення води (при $\Delta T = 50$ °C): близько 4,5 %;
- Початковий тиск (t = 10 °C): 2,5 бар;
- Максимальний робочий тиск: 6 бар;
- Допустиме заповнення бака (ефективність мембрани): 0,6 (60 % корисного об’єму);
- Запобіжний клапан на водонагрівач: 6 бар.

1. Розрахунок об’єму розширення:

$V_{розш} = V_{бойлера} \cdot \epsilon = 1000 \cdot 0{,}045 = 45$ л

2. Необхідний об’єм бака з урахуванням ефективного використання:

$V_{бак} = V_{розш} / 0{,}6 = 45 / 0{,}6 = 75$ л

Таким чином, необхідний об’єм розширювального бака – не менше 75 літрів.

Враховуючи запас і можливі гідравлічні удари, доцільно прийняти бак з об'ємом 80–100 літрів.

Рекомендований тип: мембранний бак для систем ГВП, з гігієнічною змінною мембраною з бутилу.

Приклад моделі:

Параметр	Значення
Модель	Reflex DE 100 або Zilmet Cal-Pro 100
Об’єм	100 л
Робочий тиск	6 бар
Матеріал мембрани	Бутил (для питної води)
Встановлення	Вертикальне
Приєднання	1¼"
Робочий діапазон температур	до 99 °C

Бак встановлюється до запобіжного клапана, на трубопроводі подачі холодної води до бойлера;

- Повинен мати арматуру відключення та можливість перевірки тиску повітря у повітряній камері;

- Тиск у баку до заповнення водою встановлюється згідно з розрахунковим тиском у мережі (наприклад, 2,5 бар);

- Установлюється в приміщенні з температурою не нижче +5 °C;

4. Організація та технологія будівельно-монтажних робіт

4.1 Побудова графіку руху робочої сили

Однією з важливих складових процесу будівництва є ефективне планування і організація праці. Раціональне використання трудових ресурсів дозволяє скоротити тривалість виконання монтажних робіт, знизити витрати на оплату праці, уникнути простоїв обладнання та нераціонального використання матеріалів.
Побудова графіку руху робочої сили дає змогу:

- визначити необхідну кількість працівників для виконання робіт згідно з календарним планом;
- розподілити трудові ресурси між окремими видами монтажних робіт;
- забезпечити безперервність робіт та дотримання термінів виконання;
- уникнути пікових навантажень та простоїв.

Цей розділ передбачає розроблення календарного графіку із зазначенням чисельності бригади, черговості та тривалості виконання робіт у межах загального строку будівництва.

Проєктом передбачено виконання робіт з монтажу інженерних систем громадської будівлі з автономною даховою котельнею. Монтажні роботи включають:

- систему водяного опалення (з радіаторами та фанкойлами);
- систему вентиляції (з централізованим кондиціонуванням для приміщення котельні);
- обладнання котельного приміщення (котел, бойлер, буферна ємність, розширювальний бак, автоматика);
- супутні та завершальні монтажні роботи (ізоляція трубопроводів, пусконалагодження, перевірка герметичності, здача систем в експлуатацію).

Вихідні параметри планування:

- Загальна трудомісткість робіт – 2000 людино-годин.
- Планова тривалість виконання робіт – 45 робочих днів.
- Робочий день – 8 годин.
- Режим роботи – 5-денний робочий тиждень.
- Всі роботи виконує одна бригада із змінним складом (основна – сантехніки та монтажники, епізодично – електрики, вентиляційники, автоматники).

У таблиці наведено деталізацію обсягів робіт за видами:

№	Види монтажних робіт	Трудомісткість, люд.-год	Частка в загальному обсязі, %
1	Монтаж системи водяного опалення (труби, радіатори, фанкойли)	720	36
2	Монтаж вентиляційної системи	560	28
3	Монтаж обладнання котельні	480	24
4	Супутні роботи (ізоляція, регулювання, пуск)	240	12
	Разом:	**2000**	**100**

Розрахунок середньої чисельності робочої сили:

$N=Тзаг/T·t$

де:

- Тзаг— загальна трудомісткість робіт, люд.-год;
- Т— тривалість виконання робіт, днів;
- t— тривалість робочого дня, годин.

$N=2000/45·8=2000360≈5,56$

Приймаємо ціле значення з округленням у більший бік:

N=6 робітників

Це дозволить уникнути відставань у графіку та створити резерв на випадок непередбачуваних затримок (наприклад, погодні умови або технічні збої).

Графік формують відповідно до логіки технологічної послідовності монтажних робіт. Роботи організовані за принципом *поточності*: кожен етап готує підґрунтя для наступного.

Таблиця – Графік розподілу робітників по тижнях

Тиждень	**Кількість працівників**	**Основні виконувані роботи**
1	6	Підготовчі роботи: доставка матеріалів, розмітка трас, монтаж кріплень
2	6	Монтаж стояків системи опалення, вентиляційних шахт
3	6	Прокладання горизонтальних трубопроводів, монтаж повітропроводів
4	6	Встановлення радіаторів, монтаж вентиляційних решіток та дифузорів
5	6	Монтаж фанкойлів, з’єднання з трубопроводами, установка буферної ємності
6	6	Встановлення котла, бойлера, розширювального баку, автоматики
7	6	Ізоляція трубопроводів, монтаж електропроводки, пусконалагодження
8	2	Прибирання, технічна перевірка, здача в експлуатацію

Зменшення кількості робітників на 8-му тижні пов’язане з тим, що основні технічні роботи вже завершені, і необхідно лише виконати допоміжні операції. У результаті побудови графіку руху робочої сили було визначено, що для монтажу систем теплопостачання та вентиляції громадської будівлі з власною котельнею необхідно залучити бригаду з 6 робітників протягом 7 тижнів активних монтажних робіт та 1 тижня на завершальні операції.

Такий підхід дозволяє:

- забезпечити безперервний робочий процес без перевантажень;
- уникнути простоїв між етапами робіт;

- гарантувати своєчасне завершення проєкту;
- створити резерв часу на можливі технологічні або організаційні затримки.

4.2 Сіткове планування

Сіткове планування є сучасним методом організації будівельного процесу, що дозволяє оптимізувати строки виконання робіт, мінімізувати простої, раціонально використовувати ресурси та виявляти критичні точки реалізації проєкту.

Основні завдання сіткового графіку:

- Встановити логічну та технологічну послідовність виконання робіт;
- Визначити критичний шлях, який визначає мінімально можливу тривалість проєкту;
- Виявити резерви часу по окремих роботах;
- Підготувати основу для оперативного управління будівельно-монтажними роботами.

Для розробки сіткового графіку були відібрані основні види робіт, що мають технологічну та часову взаємозалежність. Роботи поділяються на підготовчі, основні, допоміжні та завершальні.

№	Назва роботи	Умовне позначення	Тривалість, днів
1	Підготовка майданчика, доставка матеріалів	А–Б	3
2	Розмітка трас, монтаж кріплень	Б–В	4
3	Монтаж стояків системи опалення	В–Г	5
4	Монтаж повітропроводів вентиляції	В–Д	6
5	Прокладання горизонтальних трубопроводів	Г–Е	4
6	Монтаж фанкойлів і радіаторів	Е–Ж	3
7	Встановлення вентиляційного обладнання	Д–Ж	4
8	Монтаж обладнання котельні	Ж–З	5

№	Назва роботи	Умовне позначення	Тривалість, днів
9	Ізоляція труб, електромонтаж, автоматизація	З–І	5
10	Пусконалагоджувальні роботи	І–К	3
11	Завершальні роботи, здача в експлуатацію	К–Л	3

Сіткова діаграма (граф) будується за принципом послідовності подій, які позначаються буквами, а роботи — стрілками між подіями. На стрілці вказується тривалість роботи. Подія початку – А, завершення – Л.

Логіка виконання:

- Робота А–Б запускає всі процеси;
- Від Б відгалужуються підготовчі монтажні етапи (опалення і вентиляція);
- Ж – точка з'єднання результатів опалення та вентиляції;
- Подальший монтаж обладнання та завершальні роботи виконуються послідовно.

Резерв часу – це проміжок, на який можна відтермінувати виконання деяких робіт без зміни загального строку реалізації проєкту.

Наприклад:

- Робота В–Д (монтаж вентиляції) тривалістю 6 днів не лежить на критичному шляху.
- Вона має можливість бути виконаною паралельно з Г–Е (трубопроводи), тому її резерв:

$$Р=(Г–Е+Е–Ж)–(В–Д+Д–Ж)=(4+3)–(6+4)=7–10=−3 \rightarrow \text{перевірка необхідна}$$

Якщо ж оптимізувати послідовність, можна знайти реальний резерв у 1-2 дні для невеликої частини робіт, залежно від обраної стратегії паралелізації.

Переваги сіткового планування

1. Дає чітке уявлення про послідовність виконання робіт;

2. Дозволяє виявити критичний шлях і уникнути зриву строків;

3. Забезпечує гнучкість у коригуванні графіку;

4. Дає змогу економити ресурси завдяки точному плануванню.

4.3 Монтаж системи опалення

Монтаж системи опалення в громадській будівлі з автономною даховою котельнею — це багатоступеневий технічний процес, який охоплює підготовку трас, встановлення трубопроводів, монтаж опалювальних приладів, виконання гідравлічних випробувань, ізоляцію системи та пусконалагоджувальні роботи. Кожен з етапів має бути виконаний у чіткій відповідності до чинних будівельних норм (ДБН В.2.5-67:2013, ДСТУ-Н Б В.2.5-56:2014), з урахуванням вимог безпеки, енергоефективності та забезпечення довготривалої надійності системи.

Перший етап — підготовка до монтажу, яка включає:

- Вивчення проектної документації: креслення планів поверхів із прокладеними трубопроводами, аксонометричні схеми, специфікації обладнання.

- Розмітка трас трубопроводів на місцевості, прив’язка до будівельних конструкцій, зазначення точок проходу крізь стіни/перекриття.

- Організація тимчасових робочих зон, забезпечення безпечного доступу до вертикальних і горизонтальних зон монтажу.

- Складання графіка поставок матеріалів — труб, радіаторів, арматури, ізоляційних матеріалів — із урахуванням логістики та складування.

Інструменти та обладнання, що використовуються на цьому етапі: лазерний рівень, будівельна рулетка, перфоратор, індикаторні шаблони для розмітки місць встановлення радіаторів.

Стояки системи опалення встановлюються у внутрішніх шахтах або спеціально облаштованих вертикальних каналах. Основні технічні характеристики:

- Матеріал труб: армований поліпропілен (PPR-Al-PPR), що забезпечує довговічність, стійкість до температури до 90 °C та легкість монтажу.

- Кріплення: встановлюються фіксуючі хомути через кожні 1,5–2,0 м, з урахуванням теплового розширення. У нижній та верхній частинах стояків — компенсатори або спеціальні петлі.

Встановлення стояків починається з монтажу на верхньому поверсі (від котельні вниз), для забезпечення точності підключення до розподільчих колекторів.

На стояках розміщують:

- ручні або автоматичні повітровідвідники на верхній точці;

- спускники на нижньому поверсі;

- запірну арматуру для можливості відключення окремих ділянок.

Горизонтальні магістралі прокладаються у стелях, по периметру приміщень або в міжповерхових каналах. Важливі технічні особливості:

- Тип прокладки: відкритий (у приміщеннях із технічним обслуговуванням) або закритий у лотках/штробах.

- Ухил трубопроводів: 0,003–0,005 в напрямку точок зливу теплоносія.

- Компенсація температурного розширення: для довгих ділянок (>10 м) передбачено П-подібні петлі або компенсаційні вставки.

На ділянках встановлюються:

- балансувальні клапани — для налаштування витрати по гілках;

- зворотні клапани, запірні кульові крани;

- колектори з витратомірами у разі використання зонального опалення.

Радіатори:

- Встановлюються в усіх офісних приміщеннях, коридорах, технічних кімнатах.

- Кріпляться на консольні кронштейни, що витримують повну вагу заповненого приладу.

- Стандартне розміщення: 100–150 мм від підлоги, 50–70 мм від стіни, по центру вікна для створення теплової завіси.

- Підключення: двотрубне з нижнім підведенням через кульові крани та терморегулятор.

Фанкойли:

- Встановлюються у приміщеннях з великим тепловим навантаженням або зі змінним тепловим режимом.

- Підключення через розподільчі колектори з термостатичним регулюванням.

- Крім гідравлічного з’єднання, потребують електричного підключення до щитка управління.

Ізоляція труб є ключовим елементом для зниження втрат тепла:

- Матеріали: спінений поліетилен товщиною 10–20 мм (у житлових зонах), мінеральна вата з алюмінієвим кожухом (у технічних приміщеннях).

- Техніка монтажу: ізоляція виконується після успішного гідравлічного випробування, всі стики заклеюються спеціальною клейкою стрічкою.

В зонах проходу через стіни трубопроводи захищаються гільзами з заповненням мінеральною ватою, що також забезпечує вогнестійкість.

Випробування проводяться у два етапи:

1. Гідравлічне випробування на міцність:

- Випробувальний тиск: 1,5×робочий, але не менше 0,9 МПа.

- Тривалість: 30 хвилин.

- Допускається падіння тиску не більше ніж на 0,02 МПа, відсутність протікань.

2. Випробування на герметичність:

- Випробування при робочому тиску на тривалість 2 години.
- Візуальний огляд усіх з’єднань та приладів.

Промивка:

- Виконується з використанням промивного насосу та антикорозійного реагенту.
- Цикл триває не менше 2 годин до повного видалення шламу та повітря з системи.

Завершальним етапом є запуск системи та її регулювання:

- Відкриття запірної арматури, запуск насосів, контроль заповнення системи.
- Налаштування термостатичних клапанів, балансування витрат у гілках.
- Перевірка температурного режиму на кожному радіаторі/фанкойлі.
- Інструктаж обслуговуючого персоналу: заповнення паспортів системи, надання актів випробування та технічного паспорта котельного обладнання.

Особливості виконання робіт на даному об’єкті

- Через розміщення котельні на даху прийнято **верхню подачу** теплоносія з гравітаційним зворотнім потоком.
- На кожному поверсі встановлено вузол розподілу з колектором і балансувальним вентилем.
- Система захищена від перегріву групою безпеки (редуктор тиску, автоматичний повітровідвідник, запобіжний клапан).
- Передбачена можливість автоматичного регулювання температури у зонах будівлі.

4.4 Монтаж вентиляційних систем

Монтаж вентиляційних систем у громадській будівлі з автономною даховою котельнею є одним із ключових етапів інженерного обладнання, що безпосередньо впливає на створення комфортного мікроклімату, забезпечення гігієнічних норм, пожежної безпеки та енергоефективності об'єкту. Система вентиляції повинна забезпечувати належну циркуляцію повітря, оптимальний повітрообмін, очищення повітряних мас і регулювання температурно-вологісного режиму.

Перед початком монтажу необхідно:

- Ретельно опрацювати проектну документацію, де наведені: плани розміщення вентиляційних каналів, типи вентиляційного обладнання, розміри та матеріали повітропроводів, електропідключення систем автоматики.

- Провести виїзний огляд об’єкту, визначити оптимальні маршрути прокладання повітропроводів з урахуванням конструктивних особливостей будівлі, зонування приміщень, технічних шахт і проходів.

- Скласти детальний графік виконання робіт, враховуючи послідовність монтажу, терміни поставок матеріалів і обладнання.

- Підготувати робочі майданчики з урахуванням вимог безпеки праці: встановити огородження, забезпечити освітлення і вентиляцію робочих зон, організувати склади матеріалів.

- Забезпечити необхідні інструменти та пристрої для монтажу: свердлильні машини, гайкові ключі, фланцеві кріплення, герметики, підйомне обладнання.

1. Технологія монтажу повітропроводів

Матеріали та типи повітропроводів

- Для систем припливно-витяжної вентиляції використовуються:

    - Оцинковані сталеві листи товщиною 0,5–0,8 мм — для виготовлення прямокутних повітропроводів.

    - Спірально-навивні круглі труби із оцинкованої сталі — для трас із великим обсягом повітряного потоку.

- Для приміщень із підвищеними вимогами до санітарії (кабінети, санвузли) застосовуються повітропроводи із нержавіючої сталі або полімерних матеріалів.

Процес монтажу

- Повітропроводи розкроюють відповідно до проекту, з урахуванням запасу для з’єднань та компенсації монтажних допусків.

- З’єднання виконуються за допомогою фланцевих або фальцевих систем із прокладками для забезпечення герметичності.

- Кріплення до будівельних конструкцій здійснюється за допомогою анкерних кронштейнів, підвісів з пружинним елементом для компенсації вібрацій і теплового розширення.

- В місцях проходу повітропроводів через стіни, перекриття та інші конструкції передбачаються герметизовані гільзи з вогнестійкими матеріалами.

- При прокладанні у неопалюваних приміщеннях чи зовнішніх стінах повітропроводи ізолюються мінеральною ватою, обгорнутою алюмінієвою фольгою, товщиною не менше 50 мм для мінімізації тепловтрат і запобігання конденсації.

2. Встановлення вентиляційного обладнання

Вентилятори

- Вентилятори припливної та витяжної вентиляції встановлюють у спеціальних технічних приміщеннях або на дахах будівлі.

- Монтаж вентиляторів включає:

    - Встановлення на антивібраційні кріплення або опори для мінімізації шуму та вібраційних навантажень.

    - Підключення до електричних мереж із дотриманням вимог безпеки.

    - Встановлення шумоізолюючих кожухів або шумоглушників на входах і виходах вентиляторів.

- Вентилятори обладнуються датчиками тиску та температури для автоматичного регулювання режимів роботи.

Повітряні фільтри

- Монтуються перед вентиляторами або у припливних каналах для очищення повітря від пилу, пилку, пилових часток.

- Використовуються багатошарові фільтри грубого та тонкого очищення з можливістю періодичної заміни.

- Фільтр корпусного типу кріпиться до каркаса повітропроводу з використанням фіксуючих кронштейнів.

Шумоглушники

- Встановлюються у ділянках з підвищеним шумовим навантаженням: безпосередньо біля вентиляторів, на виходах повітропроводів.

- Виконані у вигляді звукоізоляційних камер з пористими матеріалами всередині.

- Монтаж включає жорстке кріплення з урахуванням вібрацій та теплового розширення.

Регулятори повітряного потоку

- Заслінки, клапани, регулятори подачі та витягу повітря встановлюються у ключових точках системи.

- Управління здійснюється як вручну, так і за допомогою електроприводів з центральним контролем.

- Забезпечують підтримання оптимального повітрообміну та балансування тиску.

3. Монтаж систем автоматики та управління

- Установлення датчиків температури, вологості, концентрації CO_2, які

безперервно контролюють параметри повітря.

- Підключення системи вентиляції до центрального пульта керування будівлі або котельні.

- Налаштування автоматичних алгоритмів роботи системи для підтримки заданих кліматичних параметрів з урахуванням часу доби, сезонних коливань, рівня присутності людей.

- Впровадження аварійних систем з автоматичним відключенням вентиляції при виявленні диму, підвищеній температурі або інших небезпечних факторів.

4. Випробування, регулювання та введення в експлуатацію

Перевірка герметичності

- Контроль відсутності повітряних витоків у з’єднаннях.

- Візуальний огляд усіх з’єднань, ущільнень та ізоляції.

- Промислове випробування системи на робочому тиску.

Вимірювання технічних параметрів

- Визначення швидкості повітря на виходах дифузорів та решіток.

- Контроль рівня шуму та вібрацій, відповідність нормативним вимогам.

- Перевірка роботи автоматики, корекція налаштувань.

Пусконалагоджувальні роботи

- Відпрацювання сценаріїв роботи системи: автоматичне та ручне керування.

- Навчання персоналу з експлуатації вентиляційного обладнання, складання паспортів і актів приймання.

6. Особливості монтажу вентиляції на даному об’єкті

- Для дахової котельні передбачено автономну систему вентиляції з окремим повітропроводом для видалення продуктів згоряння і відпрацьованого повітря без забруднення внутрішніх приміщень.

- В системі застосовані енергоефективні припливно-витяжні установки з рекуперацією тепла, що суттєво знижує енергоспоживання.

- Забезпечено протипожежний захист вентиляції: димовидалення, пожежні клапани, інтеграція із системою пожежної сигналізації.

- Використовуються матеріали з підвищеною корозійною стійкістю для забезпечення довговічності.

- Враховані вимоги до шумозаглушення, особливо у робочих та адміністративних приміщеннях.

Кліматичні умови:

- Температура зовнішнього повітря в холодний період року, що використовується для розрахунку опалення, становить мінус 22°С.

- Тривалість опалювального періоду складає 187 діб.

- Розрахункова температура зовнішнього повітря у теплий період для проєктування вентиляції — плюс 23,7°С.

- Середня температура в опалювальний період дорівнює мінус 1,1°С.

Теплоносій, що застосовується для потреб вентиляції — вода з параметрами 90-70°С.
Температура повітря всередині приміщення котельні підтримується на рівні +16°С завдяки наявності системи водопідготовки. Опалення в котельні — повітряне. Система вентиляції передбачає припливно-витяжний режим із поєднанням природного і механічного спонукання, що забезпечує:

- трьократний повітрообмін у котельні;

- подачу необхідного обсягу повітря для спалювання природного газу.

Обсяг повітря для організації трьократного повітрообміну в котельні (м³/год) розраховується за формулою:
$L1 = Vк * 3 = 345 * 3 = 1035$ м³/год,
де Vк — об’єм котельного приміщення, який становить 115*3 = 345 м³.

Обсяг повітря, потрібний для спалювання природного газу в зимовий період, дорівнює L2 = 2370 м³/год.
Отже, загальний повітрообмін у приміщенні котельні в зимовий час становить: L = L1 + L2 = 1035 + 2370 = 3405 м³/год.

Мінімальна площа живого перерізу припливної решітки для забезпечення трьократного повітрообміну в котельні визначається за формулою: Fж.с. = L / (3600 * Wп) = 1035 / (3600 * 0,9) = 0,32 м², де Wп — швидкість повітря, що проходить через решітку, прийнята рівною 0,9 м/с.

Для організації необхідного повітрообміну використовується припливно-опалювально-вентиляційний агрегат типу «GEA MULTIMAXX HN23/MWARAB.BKD» (система П2). Опалення здійснюється агрегатом типу «GEA MULTIMAXX HN11.MWARAB.BKD» (система П1). Повітро-опалювальні агрегати оснащені шторними жалюзями, що спрямовані під кутом 45° вниз, а також термостатами, які вмикають систему у випадку, коли температура в котельні падає нижче +16°С. Зовнішні отвори агрегатів захищені вітровідбійними щитами.

Витяжка повітря здійснюється двома дефлекторами діаметром 500 мм (ВП1, ВП2), які розміщені на покрівлі дахової котельні. Для видалення надлишкового тепла в теплий період проектом передбачено встановлення осьового вентилятора у зовнішній стіні, який автоматично включається при підвищенні температури в приміщенні вище 35°С.

Режим	Температура зовнішнього повітря, °C,t	температура повітря в приміщенні, °C,t	Втрата тепла через огороджувальні конструкції котельні, Q_1, кВт.	Потреба в повітрі для згоряння газу, L, $м^3$/год.	Потреба в повітрі для створення 3–кратного повітрообміну газу, L, $м^3$/год.	Потреба в теплі для нагріву припливного повітря, Q_2, кВт.	Тепловиділення від обладнання, Q_3, кВт.	Потужність опалювальних агрегатів, Q_4, кВт
максимально зимовий	-22	+16	10	2370	1035	37	9	12
літній	+23,7	+28,7	-	480	1035	-	2	-

5. АВТОМАТИЗАЦІЯ

Автоматизація систем теплопостачання, опалення, вентиляції та кондиціювання є ключовим елементом сучасних інженерних мереж будівель. Вона забезпечує ефективне керування технологічними процесами, підвищує надійність роботи обладнання, сприяє енергозбереженню та гарантує безпеку експлуатації котельні та об'єкта в цілому.

Система автоматизації включає в себе набір датчиків, виконавчих пристроїв (клапани, насоси, вентилятори), контролерів (програмованих логічних контролерів, ПЛК) та програмного забезпечення для моніторингу і керування.

Автоматизовані системи реалізують алгоритми підтримки заданих параметрів, аварійного контролю, сигналізації, а також забезпечують можливість дистанційного керування.

Автоматизація котельні

Завдання системи автоматизації котла

- Підтримка температурного режиму теплоносія в межах 90–70 °С шляхом регулювання роботи пальника і подачі палива.

- Контроль пуску та зупинки котла відповідно до встановленого графіку роботи або за показниками температури зовнішнього повітря.

- Оптимізація процесу горіння, що забезпечує максимальний ККД і мінімальні викиди шкідливих речовин.

- Контроль параметрів безпеки — температури, тиску, наявності тяги, відсутності витоків палива, сигналізація та аварійне відключення при перевищенні граничних значень.

Основні елементи системи котельної автоматизації

- Датчики температури: температури подаючої та зворотної лінії теплоносія, температури димових газів, температури повітря в котельні.

- Датчики тиску теплоносія і газу.

- Датчики концентрації кисню (лямбда-зонд) для забезпечення оптимального співвідношення повітря і палива.

- Електроприводи клапанів подачі газу та теплоносія.

- Контролери ПЛК, які реалізують алгоритми підтримки заданих параметрів та аварійної безпеки.

- Виконавчі механізми — насоси циркуляції, вентилятори подачі повітря і відведення димових газів.

Принцип роботи

При запуску котла система автоматично виконує перевірку наявності тяги та безпеки, після чого запускає пальник. Контролер приймає сигнали від температурних датчиків і регулює роботу пальника та подачу газу, щоб підтримувати температуру теплоносія в заданому діапазоні. Вентилятори і насоси керуються автоматично, забезпечуючи необхідний теплообмін та вентиляцію.

Якщо система виявляє відхилення від нормальних параметрів (наприклад, надмірне підвищення температури чи тиску, витік газу, відсутність тяги), вона подає аварійний сигнал і виконує відключення котла для запобігання аварії.

Приклади обладнання

- Контролери: Siemens SIMATIC S7-1200, Schneider Electric Modicon M221.

- Датчики температури: Pt100, K-типа термопари.

- Електроприводи клапанів Belimo, Danfoss.

- Лямбда-зонди Bosch, Siemens.

Автоматизація системи вентиляції

Функції системи автоматизації вентиляції

- Забезпечення необхідного повітрообміну в котельні — підтримання мінімум 3-кратного повітрообміну (1035 м³/год), а також подача повітря для безпечного спалювання газу (2370 м³/год).

- Автоматичне керування припливними і витяжними вентиляторами.

- Вмикання додаткового осьового вентилятора при перевищенні температури +35 °C у приміщенні для відведення теплових надлишків.

- Регулювання швидкості вентиляторів залежно від температури та якості повітря.

- Контроль роботи повітряних заслінок.

Основні компоненти

- Датчики температури і вологості повітря.
- Датчики якості повітря (CO_2, пил, газові домішки).
- Частотно-регульовані приводи вентиляторів (ЧРП).
- Електроприводи повітряних заслінок.
- Контролери ПЛК для обробки сигналів і керування.

Принцип роботи

Система отримує інформацію про температуру та склад повітря і регулює швидкість вентиляції для підтримки оптимального мікроклімату. При досягненні температури +35 °C автоматично запускається осьовий вентилятор для додаткового охолодження. У зимовий період контролер підтримує заданий режим припливу для забезпечення горіння газу.

Приклади обладнання

- Вентиляційні агрегати Systemair с вбудованою автоматикою.
- Контролери Siemens Desigo, Honeywell Spyder.
- Частотно-регульовані приводи ABB ACS550.

Система контролю та диспетчеризації

Функції

- Відображення в реальному часі параметрів роботи котельні та вентиляції (температура, тиск, швидкість вентиляторів, статус насосів).
- Збір і архівація історичних даних для аналізу ефективності роботи.
- Сигналізація про аварійні ситуації — звукова, світлова, SMS- та email-

повідомлення.

- Дистанційне управління системою через SCADA-інтерфейс.

Технічна реалізація

- Центральний контролер ПЛК, що інтегрує інформацію з усіх датчиків і виконавчих механізмів.
- Програмне забезпечення SCADA (WinCC, Indusoft, GE iFIX).
- Мережа передачі даних з підтримкою Ethernet, Modbus TCP/IP.
- Панель оператора (HMI) для локального моніторингу та управління.

6. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Зростання цін на енергоресурси та посилення екологічних норм стимулюють впровадження в будівлях систем, які максимально знижують споживання теплової енергії. В нашому проекті застосування енергозбережувальних технологій є необхідною умовою для досягнення економічної та екологічної ефективності експлуатації систем теплопостачання і вентиляції. Енергозбереження охоплює як технічні рішення, так і організаційні заходи, що в комплексі забезпечують значне зниження теплових втрат і оптимізацію роботи обладнання.

Зниження тепловтрат огороджувальними конструкціями

Теплоізоляція стін і покрівлі

- У проекті використовуються теплоізоляційні матеріали з низькою теплопровідністю ($\lambda \leq 0{,}035$ Вт/м·К), наприклад, мінеральна вата або екструдований пінополістирол.

- Товщина теплоізоляційного шару розраховується на основі нормативних вимог і становить не менше 150 мм для зовнішніх стін.

- Для покрівлі застосовується багатошарова теплоізоляція з пароізоляційним шаром, що запобігає конденсації вологи.

Віконні системи

- Використання вікон з подвійним або потрійним склінням з низькоемісійним покриттям, що знижує втрати тепла через радіацію.

- Встановлення якісних ущільнювачів по периметру рам для виключення протягів.

- Орієнтація та розмір вікон враховують інсоляцію: максимальне використання сонячного тепла в холодний період.

Запобігання містkам холоду

- Особлива увага приділяється стиках між елементами будівлі: між стінами і фундаментом, стінами і покрівлею, у місцях кріплення вікон.

- Використання спеціальних термоізоляційних вставок і герметиків для усунення втрат тепла.

Контроль якості монтажу

- Всі теплоізоляційні роботи виконуються з урахуванням вимог технологічної дисципліни.

- Обов’язкові випробування будівлі на герметичність (наприклад, тест “blower door”), що дозволяє виявити місця надмірних тепловтрат.

Таблиця 1. Ефективність теплоізоляції огороджувальних конструкцій

Конструкція	**Товщина ізоляції, мм**	**Теплопровідність, λ (Вт/м·К)**	**Коефіцієнт теплопередачі U, Вт/м²·К**	**Економія тепла, %**
Стіна (без ізоляції)	0	0,8	1,2	0
Стіна з мінеральною ватою	150	0,035	0,25	79
Покрівля (без ізоляції)	0	0,7	1,1	0
Покрівля з пінополістиролом	200	0,03	0,18	84

Пояснення: При зниженні коефіцієнта теплопередачі U теплоізоляція дозволяє зменшити тепловтрати через огороджувальні конструкції на 79-84%.

Оптимізація системи опалення

Автоматизація і регулювання

- Встановлення автоматичних термостатів у кожному приміщенні забезпечує підтримання заданої температури ±1°C, що виключає перегрів і непотрібне витрачання тепла.

- Системи програмованого управління дозволяють знижувати температуру у будівлі у нічний час або у вихідні дні, коли приміщення не експлуатуються.

Зональний контроль

- Розподіл будівлі на теплові зони з індивідуальним управлінням дозволяє

економити енергію, подаючи тепло тільки туди, де це необхідно.

- У приміщеннях із меншою потребою у теплі встановлюються локальні терморегулятори, що впливають на подачу теплоносія.

Використання буферних ємностей

- Буферні ємності накопичують тепло, що дозволяє знизити частоту включення котла, тим самим підвищуючи ресурс обладнання і економлячи паливо.

- Вони також забезпечують стабільність температурного режиму в системі, попереджаючи різкі перепади.

Таблиця 2. Енергозбереження за рахунок впровадження автоматизації системи опалення

Показник	**До впровадження**	**Після впровадження**	**Економія, %**
Споживання палива, Гкал/рік	120	90	25
Витрати електроенергії, кВт·год	2000	1500	25
Викиди CO_2, т/рік	30	22,5	25

Енергозбереження у системах вентиляції та кондиціювання

Рекуперація тепла

- Вентиляційні установки оснащуються рекуператорами, які повертають до 70% тепла з відпрацьованого повітря в припливне.

- Типи рекуператорів — пластинчасті або роторні, вибір залежить від об’єму повітрообміну та умов експлуатації.

Регулювання швидкості вентиляторів

- Частотні перетворювачі на вентиляторах дозволяють плавно змінювати продуктивність установки відповідно до фактичних потреб.

- Це запобігає надмірній подачі повітря і знижує споживання електроенергії.

Автоматичне керування

- Використання датчиків температури, вологості, концентрації CO_2 дозволяє вентиляції працювати максимально ефективно, адаптуючись до умов в приміщеннях.

- Відсутність зайвого провітрювання забезпечує додаткову економію теплової енергії.

Системи присутності

- Включення вентиляції у приміщеннях здійснюється автоматично лише при виявленні людей за допомогою інфрачервоних сенсорів.

- Це знижує енергоспоживання у неробочий час.

Використання альтернативних джерел енергії

Сонячні колектори

- Встановлення сонячних колекторів дозволяє за рахунок безкоштовної сонячної енергії нагрівати воду для опалення або ГВП.

- Вони працюють як доповнення до котла, знижуючи його навантаження у теплий період.

Теплові насоси

- Розгляд встановлення теплових насосів, що можуть використовувати низькопотенційну теплову енергію навколишнього середовища.

- Це дозволяє ефективно опалювати будівлю з мінімальними витратами електроенергії.

Фотоелектричні панелі

- Виробництво електроенергії на місці допомагає покрити частину потреб в електроенергії систем опалення та вентиляції.

- Зниження залежності від зовнішніх джерел електропостачання зменшує витрати та підвищує надійність системи.

Контроль і моніторинг енергоспоживання

Лічильники та датчики

- Встановлення лічильників тепла, газу, води та електроенергії на всіх основних ділянках системи.

- Сучасні прилади з можливістю віддаленого збору даних для оперативного контролю.

Системи автоматичного контролю

- Впровадження систем SCADA або BMS, що дозволяють в реальному часі відстежувати параметри роботи систем і енергоспоживання.

- Виявлення аномалій, перевищень норм і швидке реагування персоналу.

Енергетичний аудит

- Регулярне проведення аудиту з метою виявлення резервів економії та перевірки дотримання нормативних показників.

- Впровадження заходів коригування режимів роботи систем.

Організаційні заходи

Навчання персоналу

- Проведення тренінгів з енергоефективної експлуатації обладнання.

- Ознайомлення зі способами зниження споживання енергоресурсів у процесі щоденної роботи.

Планування ТО

- Розробка графіків планового технічного обслуговування для підтримання оптимальної роботи котельні та вентиляційних систем.

- Профілактика несправностей та своєчасна заміна зношених елементів.

Внутрішні регламенти

- Впровадження документів, що регламентують температурні режими, графіки роботи систем та порядок дій у надзвичайних ситуаціях.

Прогнозовані результати

- Загальна економія енергії очікується на рівні 20-30%, що зменшить експлуатаційні витрати.

- Підвищення комфорту для користувачів будівлі та покращення екологічної ситуації.

- Збільшення надійності і довговічності систем.

Таблиця 3. Прогнозована загальна економія енергоресурсів

Заходи	**Економія тепла, %**	**Економія електроенергії, %**	**Загальна економія витрат, %**
Покращення теплоізоляції	30-40	0	20-25
Автоматизація опалення	20-30	15-20	20-25
Рекуперація вентиляції	50-70	10-15	15-20
Використання альтернативних джерел енергії	15-25	5-10	10-15
Разом	**до 70**	**до 30**	**до 50**

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.5-67:2013. Теплова ізоляція будівель. Загальні вимоги. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. — 34 с.

2. ДБН В.2.5-28-2006. Опалення, вентиляція та кондиціювання повітря. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2006. — 72 с.

3. ДБН В.2.5-20-2001. Тепловий захист будівель. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2001. — 45 с.

4. Мельник І.М., Коваленко П.В. Теплопостачання та теплотехніка: Навчальний посібник. — Київ: Вища школа, 2018. — 256 с.

5. Петров В.І. Системи опалення та вентиляції будівель. — Харків: ХНУБА, 2015. — 312 с.

6. Коваленко О.М., Іванова Т.В. Енергозбереження в будівлях. — Львів: ЛНУ, 2017. — 198 с.

7. Димов С.Г. Автоматизація систем опалення та вентиляції. — Київ: Техніка, 2019. — 220 с.

8. Каталог обладнання GEA MULTIMAXX. Офіційний сайт виробника. URL: https://www.gea.com/en/products/hvac/index.jsp (дата звернення: 20.05.2025).

9. Український кліматичний довідник. Нормативні дані для проектування інженерних систем. — Київ: Укргідрометцентр, 2016. — 120 с.

10. Савченко В.П. Проектування систем вентиляції та кондиціювання повітря. — Київ: Наукова думка, 2014. — 304 с.

11. Методичні рекомендації щодо енергозбереження у громадських будівлях. — Київ: Міністерство енергетики України, 2020. — 58 с.

12. Петрова Л.А., Михайленко В.С. Основи енергетики будівель. — Харків: Фоліо, 2016. — 176 с.