

**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:

Енергоефективність, опалення та вентиляція багатоквартирного житлового
будинку з вбудованими приміщеннями в м. Миколаїв

Дорожинський Богдан Віталійович

(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**

**Енергоефективність, опалення та вентиляція багатоквартирного житлового
будинку з вбудованими приміщеннями в м. Миколаїв**

(назва)

Виконала: Дорожинський Богдан Віталійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(спеціальність)

Теплогазопостачання і вентиляція
(освітня програма)

Група _____ Група ТВ-21-1 _____

Керівник _____ Кулінко Є.О. _____
(прізвище та ініціали)

(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету

_____ року

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

Дорожинський Богдан Віталійович

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи: **«Енергоефективність, опалення та вентиляція багатоквартирного житлового будинку з вбудованими приміщеннями в м. Миколаїв»**

затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від «__» _____ 20__ року

2. Керівник роботи

асистент Кулінко Євген Олександрович

(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання здобувачем роботи до захисту 24.06.2025

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Вихідні дані

Р. 2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР

ОГОРОДЖУЮВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

- Р. 3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ
КОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ. ТЕПЛОВА
ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ.
- Р. 4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ
ОПАЛЕННЯ
- Р. 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ
СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ
- Р. 6. РОЗРАХУНОК ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ СХОДОВОГО
ТА ЛІФТОВОГО ХОЛІВ
- Р. 7. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ
- Р. 8. РОЗРАХУНКОВИЙ ТИСК ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАСОСУ В
СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ
- Р. 9. РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО
ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ
- Р. 10. РОЗРАХУНОК ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ
- Р. 11. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ ТА
ВНУТРІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ
- Р. 12. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ
ОПАЛЕННЯ
- Р. 13. РОЗРАХУНОК НАГРІВАЛЬНОЇ СЕКЦІЇ ЕКСО ПД
- Р.14.РОЗРАХУНОК МІСЦЕВОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО
ОПАЛЕННЯ

5.Графічний матеріал за розділами

- К.1. Опалення. План На відмітці -4.200.
- К.2. Опалення Вентиляція. План на відмітці 0.000.
- К.3. Опалення Вентиляція.План 3-5 поверхів.
- К.4. Опалення. Схеми систем опалення.
- К.5. Вентиляція. План на відмітці -4.200.
- К.6. Вентиляція. Схеми систем вентиляції.

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. <u>Вихідні дані</u>	10.03.2025
Розділ 2 <u>Теплотехнічний розрахунок та підбір огорожувачих конструкцій житлового будинку</u>	14.03.2025
Розділ 3. <u>Розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції житлового будинку. Теплова потужність системи опалення.</u>	10.04.2025
Розділ 4. Розрахунок теплової потужності системи опалення	24.04.2025
Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування вибору системи водяного опалення	08.05.2025
Розділ 6. Розрахунок опалювальних приладів сходового та ліфтового холів	09.05.2025
Розділ 7. Гідравлічний розрахунок системи опалення	12.05.2025
Розділ 8. Розрахунковий тиск у циркуляційного насосу в системі опалення	12.05.2025
Розділ 9. Розрахунок обладнання індивідуального теплового пункту	16.05.2025
Розділ 10. Розрахунок опалювальних приладів	18.06.2025
Розділ 11. Теплотехнічний розрахунок зовнішніх та внутрішніх огорожень	19.06.2025
Розділ 12. Розрахунок теплової потужності системи опалення	20.06.2025
Розділ 13. Розрахунок нагрівальної секції екса пд.	19.06.2025
Розділ 14. Розрахунок місцевої системи повітряного опалення	14.05.2025
Остаточне оформлення роботи	16.06.2025.
Направлення роботи для перевірки на плагіат	17.06.2025
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	18.06.2025
Направлення роботи на рецензування	18.06.2025

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис

Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Здобувач _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

ЗМІСТ

1.	Вихідні дані.....	7
2.	ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.....	10
3.	РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ. ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ.....	14
4.	РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНІСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ...	18
5.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ.....	22
6.	РОЗРАХУНОК ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ СХОДОВОГО ТА ЛІФТОВОГО ХОЛІВ.....	26
7.	ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ.....	31
8.	РОЗРАХУНКОВИЙ ТИСК ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАСОСУ В СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ.....	34
9.	РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ.....	36
10.	РОЗРАХУНОК ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ.....	38
11.	ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ ТА ВНУТРІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ.....	42
12.	РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ..	48
13.	РОЗРАХУНОК НАГРІВАЛЬНОЇ СЕКЦІЇ ЕКСО ПД	52
14.	РОЗРАХУНОК МІСЦЕВОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ..	58
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	62

						Дипломний проект					
Зм.	Кіл.	Арк.	Недок.	Підпис	Дата						
						Пояснювальна записка			Стадія	Аркуш	Аркушів
									АРБ	5	62
Розробив	Дорожинський					КНУБА ТВ-21-1					
Керівник	Кулінко										

Вступ

У сучасних умовах сталого розвитку одним із пріоритетних завдань житлового будівництва є зниження енерговитрат та покращення мікроклімату в приміщеннях. Особливо актуальним це стає для багатоквартирних житлових будинків із вбудованими нежитловими приміщеннями (магазини, офіси, побутові приміщення), оскільки такі об'єкти характеризуються складною структурою енергообмінів, різними функціональними зонами та підвищеними нормативними вимогами до вентиляції й опалення.

Енергоефективність систем опалення, вентиляції та теплової ізоляції фасадів — ключові чинники, що визначають не лише комфорт перебування мешканців, а й експлуатаційні витрати та екологічну безпечність. За даними досліджень, вдосконалення теплового контуру будівлі (утеплення, герметизація, утеплення вікон/дверей) може зменшити теплотребу на 40 % і більше. Водночас застосування механічної вентиляції з рекуперацією тепла додає можливість зменшення енерговитрат систем HVAC на 60–95 %.

Проектування систем централізованого опалення та вентиляції для багатоповерхових будинків вимагає комплексного підходу, що охоплює:

- теплотехнічні та гідравлічні розрахунки систем опалення з урахуванням зовнішніх температур і тепловтрат через стіни, вікна, дах тощо;
- підбір обладнання (котли, насоси, радіатори, калорифери) з високим ККД та здатністю адаптуватися до змін навантаження;
- розрахунок вентиляційних систем (природних, механічних, припливно-витяжних), визначення повітрообміну відповідно до ДБН та стандартів ASHRAE

Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата

Розділ1
ВИХІДНІ ДАНІ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		7

Проектом передбачається будівництво житлового будинку в місті Миколаїв. Споруда має 10 поверхів. Основні геометричні параметри: висота вікон — 1,4 м, висота зовнішніх і балконних дверей — 2,1 м, товщина міжповерхового перекриття — 0,3 м, висота приміщень — 3 м.

Огороджувальні конструкції:

- Зовнішні стіни виконуються з шлакобетонних блоків за технологією "NEBEL".
- Панелі горищного перекриття та перекриття над підвалом — монолітний залізобетон з теплоізоляцією з мінераловатних плит.
- Покрівля горища складається з рулонних матеріалів.

Система теплопостачання:

- Джерелом тепла виступає ТЕЦ.
- Зовнішня стіна сходової клітини орієнтована на південний захід.
- Температурний графік тепломережі: 150/70 °С.
- Тиск у ввіді теплової мережі: $\Delta P_{ув} = 150$ кПа.
- Температурний режим системи опалення: 80/60 °С.

Опалювальні прилади:

- Сталеві панельні радіатори VONOVA (виробник Vogel & Noot), встановлюються в нішах у стінах.
- Передбачена установка терморегуляторів від бренду HERZ.

Для курсового проекту з дисципліни «Опалення» слід спроектувати систему опалення для напівпідвального приміщення будинку, призначеного під паркінг. На торцевій стіні будівлі необхідно запланувати автоматичні ворота розміром 3×2 м та заїзд до них. Висота гаража складає 3 м

Висота гаражу нг.п. =4.2м

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		8

Глибина напівпідвалу відносно рівня землі (розмір 1-ї зони) і $h_{п}$, м	Установлюва на потужність електродвигу на механічних воріт N_u , Вт	Кількість автомобілів, шт	Товщина утеплювача підземної частини зовнішньої стіни δ , м
2,3	340	68	0,03

Теплотехнічні параметри:

- Теплопровідність матеріалу утеплювача — $0,051 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.
- Місто розташоване у зоні вологості Н.
- Температура найхолоднішої доби — $-25 \text{ }^\circ\text{C}$, п'ятиденки — $-21 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Середня температура опалювального періоду — $-0,5 \text{ }^\circ\text{C}$; тривалість — 191 доба; кількість градусо-днів — 3916.
- Кліматична зона — І, середньорічна температура — $7,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Умови експлуатації конструкцій:

- Категорія — Б.
- Згідно з нормами, для напівпідвального рівня приймаються внутрішні температури:
 - Сходові клітини — $16 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - Індивідуальний тепловий пункт — $20 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - Гараж — $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розділ 2
ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОГОРОДЖУЮЧИХ
КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		10

Теплотехнічний розрахунок і підбір огорожуючих конструкцій житлового будинку — це важливий етап проектування, який визначає енергоефективність будівлі, комфорт у приміщеннях і відповідність нормативам будівельних норм та правил

Огороджувальні конструкції — це частини будівлі, що відокремлюють внутрішній простір від зовнішнього середовища або інших приміщень з іншими умовами. До них належать:

- зовнішні стіни;
- покрівля;
- перекриття над підвалом/горищем;
- вікна;
- двері;
- підлога по ґрунту;
- перегородки між приміщеннями з різною температурою.

Мета теплотехнічного розрахунку

- Визначити **опір теплопередачі** кожної конструкції.
- Перевірити відповідність цього опору **мінімально допустимим нормативним значенням** ($R_{q\text{min}}$).
- Забезпечити виконання **санітарно-гігієнічних умов**:
 - мінімальна температура на внутрішній поверхні конструкції;
 - допустимий перепад температур;
 - уникнення утворення конденсату.

Перевірка гігієнічних вимог

Необхідно перевірити:

- чи температура внутрішньої поверхні стіни **не нижча** за допустиму;

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		11

- чи перепад температур між повітрям у приміщенні та поверхнею **не перевищує** норматив;
- чи **не відбувається конденсація** водяної пари всередині конструкції.

Нормативні документи

- **ДБН В.2.6-31:2021** – Теплова ізоляція будівель
- **ДСТУ Б В.2.6-34:2008** – Методи визначення термічного опору
- **EN ISO 6946, 13788, 13370** – міжнародні стандарти

Вимоги до огорожувальних конструкцій:

Зовнішні та внутрішні стіни, які розділяють приміщення з різницею температур понад 3 °С, повинні відповідати вимогам:

- приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma пр} \geq$ нормативного $R_q \text{ min}$;
- температурний перепад між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею $\Delta t_{пр} \leq$ допустимого $\Delta t_{сг}$;
- температура поверхні $t_{в \text{ min}} >$ мінімально допустимої t_{min} .

Вологісний режим приміщень:

При внутрішній температурі від 12 до 24 °С і відносній вологості 55 % визначається нормальний режим. Тип огорожень підбирається з урахуванням вологісних умов та зони.

Для проєктованого об'єкта умови експлуатації огорожувальних конструкцій відповідають категорії А.

Відповідно до ДБН В.2.6-31-2021, опір теплопередачі зовнішніх конструкцій $R_{зг}$ має бути не нижче за нормативне значення $R_{\text{min}q}$. Для внутрішніх перегородок з різницею температур понад 4 °С також встановлюється вимога до відповідного опору теплопередачі.

						Дипломний проєкт	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		12

Результати розрахунку та підбору огорожуючих конструкцій зводимо у таблицю:

Найменування огорожуючої конструкції			Коефіцієнт теплопередачі k , Вт/(м ² ·°С)	Опис конструкцій	$\delta_{заг}$
	$R_{мін}$	$R_{заг}$			
<u>Зовнішня стіна</u>	3,50	4,00	0,269	Залізобетон 2500 кг/м ³ $\lambda= 2,04$ Вт/м ² ·°С - $\delta = 0,04$ м + Бетон ніздрюватий $\lambda= 0,1$ Вт/м ² ·°С - $\delta_{ут} = 0,37$ м + Керамзитобетон на керамзитовому піску - $\delta = 0,1$ м	0,710
<u>Горищне перекриття</u>	5,50	6,12	0,164	Бетон на гравії або щебені з природного каменю $\delta = 0,14$ м + Мінеральні вати на основі базальтового волокна $\lambda= 0,047$ Вт/м ² ·°С - $\delta_{ут} = 0,27$ м + Розчин цементно-піщаний $\delta = 0,0,02$ м	0,280
<u>Перекриття над підвалом</u>	4,00	5,07	0,198	ліноліум полівінілхлорид на теплоізоляційній підоснові - $\delta = 0,005$ м + Розчин цементно-піщаний $\delta = 0,072$ м + Пароізоляція 0,03 м ² ·°С/Вт + Мінеральні вати на основі базальтового волокна $\lambda= 0,047$ Вт/м ² ·°С - $\delta_{ут} = 0,22$ м + Бетон на гравії або щебені з природного каменю $\delta = 0,22$ м	0,273
<u>Вікна та балконні двері</u>	0,70	0,72	1,389	Вікна з двокамерними склопакетами 4М1-16-4М1-16-4і	-
<u>Зовнішні двері</u>	0,60	0,78	1,282	Одинарні металеві двері без утеплювача + Тамбур + Одинарні соснові двері 0,04м	0,040
<u>Внутрішні стіни</u>	-	0,71	1,408	Кладка з порожнистої глиняної цегли $\lambda= 0,52$ Вт/м ² ·°С - 1ц.	0,250

Розділ 3

**РОЗРАХУНОК ТЕПЛОТРАТ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ. ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ
ОПАЛЕННЯ.**

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		14

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ. ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ.

Розрахунок теплових втрат через огороджувальні конструкції приміщення

Сумарні теплові втрати приміщення, спричинені теплопередачею через огороджувальні елементи будівлі, позначаються як $\Phi_{T,i}$ (Вт) і визначаються за наступним рівнянням:

$$\Phi_{T,i} = (N_{T,ie} + N_{T,iue} + N_{T,ig} + N_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

де:

- $N_{T,ie}$ — характеристика тепловтрат через огороджувальні елементи, що межують із зовнішнім середовищем (Вт/°С);
- $N_{T,iue}$ — втрати тепла через конструкції, що межують з неопалюваними приміщеннями (Вт/°С);
- $N_{T,ig}$ — втрати через конструкції, які контактують із ґрунтом (Вт/°С);
- $N_{T,ij}$ — втрати тепла через перегородки, які відокремлюють приміщення з різними температурами (Вт/°С).

Розміри приміщень у плані, їх орієнтацію відносно сторін світу, а також додаткові втрати у вигляді коефіцієнта $\Sigma\beta$ слід зазначити на схемі будівлі.

Для поверхів із другого по одинадцятий тепловтрати приймаються однаковими.

Тепловтрати через міжповерхові перекриття при цьому не враховуються.

Загальна проектна теплова потужність опалення приміщення визначається як:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}, \text{ Вт}$$

де:

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		15

- $\Phi_{T,i}$ — тепловтрати через огородження;
- $\Phi_{V,i}$ — тепловтрати на нагрівання повітря, що потрапляє до приміщення ззовні (інфільтрація чи вентиляція);
- $\Phi_{RH,i}$ — додаткове теплове навантаження, яке враховує циклічність роботи системи опалення.

Характеристика втрат через зовнішні конструкції розраховується за формулою:

$$HT_{,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum l \psi l \cdot l \cdot e_l, \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

де:

- A_k — площа конструктивного елемента;
- U_k — коефіцієнт теплопередачі, визначений згідно з теплотехнічними розрахунками;
- ψl — лінійний коефіцієнт теплопровідності теплових мостів;
- l — довжина теплового мосту.

При відсутності національних норм коефіцієнти коригування приймаються рівними 1,0 згідно з додатком D.4.1 [2].

Втрати через неопалювані приміщення:

$$HT_{,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum l \psi l \cdot l \cdot b_u, \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

Втрати через конструкції, що контактують із ґрунтом:

$$HT_{,ig} = fg_1 \cdot fg_2 \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w, \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

Втрати між опалюваними приміщеннями з різними температурами:

$$HT_{,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

Вентиляційні втрати розраховуються так:

$$\Phi_{V,i} = HV_{,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		16

При відсутності контрольованого припливу повітря до приміщення об'єм повітрообміну визначається як:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}), \text{ м}^3/\text{год}$$

де:

- $V_{inf,i}$ — об'єм повітря, що проникає через нещільності:
$$V_{inf,i} = 2 \cdot v_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \epsilon_i$$
- $V_{min,i}$ — мінімально допустимий повітрообмін для приміщення:
$$V_{min,i} = Q_{tot} = n \cdot q_p + S \cdot q_B, \text{ дм}^3/\text{с}$$

Додаткова теплова потужність для періодичного опалення:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}, \text{ Вт}$$

Загальна теплова потужність для всієї будівлі:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i}, \text{ Вт}$$

Розрахунок за спрощеною методикою:

Загальні тепловтрати:

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta,i}, \text{ Вт}$$

Передача тепла через огороження:

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{ Вт}$$

Вентиляційні тепловтрати:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{ Вт}$$

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		17

Розділ 4
РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНІСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		18

Розрахунок теплової потужності системи опалення — це один із ключових етапів проектування, який дозволяє визначити, **скільки тепла необхідно для підтримки комфортної температури в приміщенні або будівлі в опалювальний період.** Цей розрахунок є основою для підбору опалювальних приладів, трубопроводів і теплогенератора (котла, теплового насоса тощо).

Теплова потужність — це кількість теплоти (в ватах), яку система опалення повинна передавати приміщенню щосекунди, щоб компенсувати всі тепловтрати через:

- зовнішні стіни, вікна, дах, підлогу (огорожувальні конструкції);
- вентиляцію (інфільтрацію);
- теплові мости, відкривання дверей тощо.

Стандарти та норми

- **ДБН В.2.6-31:2021** — теплотехнічні вимоги
- **ДБН В.2.5-67:2013** — системи опалення
- **EN ISO 13790 / 6946 / 13370** — міжнародні норми

Визначення основних параметрів системи водяного опалення

Для проектування водяної системи опалення житлового будинку необхідно обчислити такі показники:

- розрахункову теплову потужність;
- питому теплову потужність;
- річне теплоспоживання;
- питоме річне теплоспоживання;
- витрату теплоносія.

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		19

Підсумкові тепловтрати приміщень обчислюються за відповідною таблицею, враховуючи коефіцієнти, що були визначені на прикладі першого приміщення. Для поверхів 1, 2, 3 та останнього використовуються окремі коефіцієнти

$$k_1 = Q_{101}/Q_{401}=1,12$$

$$Q_{10i}=k_1 Q_{40i}$$

$$k_1 = Q_{101}/Q_{401}=1,18$$

$$k_2 = Q_{201}/Q_{401}=1,05$$

$$Q_{20i}=k_2 Q_{40i}$$

$$k_2 = Q_{201}/Q_{401}=1,08$$

$$k_3 = Q_{301}/Q_{401}=1,023$$

$$Q_{30i}=k_3 Q_{40i}$$

$$k_3 = Q_{301}/Q_{41}=1,02$$

$$k_{10} = Q_{1001}/Q_{401}=1,03$$

$$Q_{90i}=k_9 Q_{40i}$$

$$k_{10} = Q_{1001}/Q_{401}=1,06$$

№ поверху	Номер приміщення																	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	A1	A2
1	1049	735	950	930	740	1030	800	980	1060	960	880	980	950	1000	1010	810	1110	6263
2	978	677	880	860	680	970	730	920	980	890	810	900	880	930	940	750	1030	
3	956	637	820	810	640	940	690	900	920	840	760	850	830	870	920	710	970	
4-9	935	625	803	788	625	918	671	871	896	815	744	828	804	849	897	687	943	
10	965	663	860	840	670	950	720	900	960	870	790	880	860	910	930	730	1010	
Всього	9557	6461	8329	8169	6479	9397	6969	8925	9299	8451	7703	8579	8346	8803	9184	7123	9777	

Розрахункові тепловтрати

- Q1 (без урахування сходових і ліфтових холів) — 131 734 Вт
- Q1A (з урахуванням сходових і ліфтових холів) — 147 814 Вт

Розрахунок річного теплоспоживання системи опалення

Річне теплоспоживання (W) визначається за формулою, яка враховує розрахункову теплову потужність (Qс.о.), тривалість опалювального сезону (в градусо-дібах), розрахункову температуру внутрішнього середовища (tвн), середню температуру найхолоднішої п'ятиденки (tзовн5), а також коефіцієнт корекції **b = 0,9** (враховує наявність терморегуляторів на ≥75% приладів).

						Дипломний проект												Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата													20

$W = 196\,060 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$

$$W = \frac{3,6 * Q_{c.o.} * 24 * Z_{o.c.} * (t_{вн} - t_{o.c.}) * 10^{-6} * a * b * c}{t_{вн} - t_{зовнБ}} = \frac{3,6 * Q_{c.o.} * 24 * S_{j.c.} * 10^{-6} * a * b * c}{t_{вн} - t_{зовнБ}}$$

Питоме річне теплоспоживання

Питома величина теплоспоживання розраховується як:

$$w = W / \text{Аз.п.} = 56,39 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}\cdot\text{м}^2$$

Оскільки значення w не перевищує нормативне граничне значення $E_{\max} = 55 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, проєкт задовольняє встановлені вимоги.

						Дипломний проєкт	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		21

Розділ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ
ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		22

Обрана система опалення: двотрубна горизонтальна поквартирна

Переваги:

- Економічна ефективність: завдяки сталому перепаду температур у приладах та однаковій середній температурі теплоносія, знижуються витрати енергії на нагрів.
- Технічні переваги: менше проходів через перекриття, можливість встановлення більшої кількості приладів у порівнянні з однотрубною системою, менші гідравлічні втрати, простота в регулюванні гідравліки та зручність обслуговування.
- Комфорт і естетика: горизонтальне прокладання труб у підлозі або по плінтусу, точне регулювання тепла за допомогою термостатичних клапанів, можливість індивідуального обліку тепла за допомогою водомірів.

Недоліки:

- Більші витрати на матеріали порівняно з однотрубною системою.
- Складніший монтаж: потребує налаштування системи на етапі введення в експлуатацію (регулювання тепловіддачі).

Радіатори

Для даної системи пропонуються сталеві панельні радіатори Vogel & Noot VONOVA 11KV, 21KV. Їх вибір обумовлений як технічними, так і економічними перевагами, що робить їх оптимальними для застосування в двотрубній системі.

Гарнітура для підключення

Використовується гарнітура HERZ-3000, що забезпечує надійне підключення до радіаторів. Її конструкція дозволяє комбінувати з різними системами водяного опалення, забезпечуючи точне налаштування й оптимальний гідравлічний режим.

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		23

На підводках до приладів встановлюються термостатичні приводи HERZ-TS, які забезпечують:

- швидку реакцію на зміну температури;
- точне дотримання заданого температурного режиму;
- економію до 30% води завдяки автоматичному регулюванню;
- естетичний вигляд.

Передбачається наявність автоматичних повітровідвідників на кожному приладі й у верхніх точках стояків, що особливо важливо при горизонтальному розміщенні труб.

Балансувальна та запірна арматура

Застосовується арматура HERZ, яка дозволяє провести точне гідравлічне налаштування системи як для опалення, так і охолодження.

Трубопроводи

- У квартирах використовуються металопластикові труби Herz-Нака, які:
 - витримують високі температури;
 - стійкі до корозії;
 - мають тривалий термін служби (до 50 років);
 - легко монтуються.
- Для вертикальних і горизонтальних стояків — сталеві водогазопровідні труби (ГОСТ 3262-89*).
- Трубопроводи приладових віток укладаються в підлозі приміщень.

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП)

Розміщується у підвальному приміщенні будівлі та обладнується автоматикою Herz, яка забезпечує погодне регулювання і підтримує задану температуру в зворотному трубопроводі згідно температурного графіка.

Теплоізоляція

Для теплоізоляції трубопроводів використовуються матеріали з спіненого поліетилену Thermaflex:

- Thermaflex FRZ — для ізоляції труб, розміщених у стяжках;
- Thermaflex Ultra M — для захисту від УФ-променів, запобігання промерзанню, перегріву та тепловтратам.

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		25

Розділ 6
РОЗРАХУНОК ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ СХОДОВОГО ТА
ЛІФТОВОГО
ХОЛІВ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		26

Опалення сходової клітини та ліфтового холу

У будинку передбачено два загальнодоступні приміщення: сходовою клітина та ліфтовий хол. Враховуючи, що вони не відокремлені один від одного, допускається об'єднання їх у розрахунках як одного приміщення. Водночас, з метою забезпечення комфортних умов, прийнято рішення встановити опалювальні прилади окремо: у сходовій клітці — на першому поверсі, а в ліфтовому холі — на кожному поверсі.

Розрахунок опалення сходової клітини

Розрахункова теплова потужність для сходового холу визначається за формулою:

$$Q_{ск} = (Q_{1ск} \times b_1 \times b_2) / 0,97 = 6950 \text{ Вт}$$

Далі розраховується витрата теплоносія, що проходить через опалювальні прилади сходової клітини й ліфтового холу.

$$G_{m.m.} = G_{o.n.} = \frac{0,86 \times (Q_{c.o.} + Q_{c.k.})}{T_2 - t_o} = 1412,44$$

$$G_{ск} = 551,479 \text{ кг/год} + G_{лх} = 861 \text{ кг/год} \quad 1412,4$$

Визначаємо розрахунковий тепловий потік опалювального приладу:

$$Q_{o.n.} = (Q_1 - Q_{вн} - 0,9Q_{тр} - Q_{з.н.}) \times b_2 \times b_3 = Q_1 =$$

Перепад температур в опалювальному приладі:

$$\Delta t_{o.n.} = \frac{0,86Q_{o.n.}}{G_{o.n.}} = 9,91^\circ\text{C}$$

Температурний напір в опалювальних приладах:

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		27

$$\Delta t_T = T_2 - \frac{\Delta t_{o.n.}}{2} - t_{вн} = 129^\circ\text{C}$$

Поправочні коефіцієнти:

$$\varphi_1 = \left(\frac{\Delta t_T}{70} \right)^{1+n} = 2,08$$

$$\varphi_2 = \left(\frac{G_{o.n.}}{360} \right)^p =$$

Вхідні коефіцієнти:

- b (поправка на барометричний тиск у м. Миколаїв) = 0,99
- $\psi_1 = 0,98$ — схема руху води «зверху вниз»
- $\psi_2 = 1$ — вертикальне дворядне розміщення радіаторів
- $\psi_3 = 0,94$ — глибина дворядного монтажу
- $c = 1$ — характеристика конвектора типу «Акорд»

Для задоволення теплових потреб встановлюється конвектор КА-0,672К, який має номінальний тепловий потік $Q_n = 2688$ Вт. Відхилення від необхідної потужності становить лише -3,66%, що є прийнятним.

$$Q_n^{номр} = \frac{Q_{o.n.}}{\varphi_1 \times \varphi_2 \times b \times c \times \psi_1 \times \psi_2 \times \psi_3} =$$

$$Q_{лх} = (Q_{1лх} \times b_1 \times b_2) / 0,97 = 1050 \text{ Вт}$$

Для ліфтового холу виконується розрахунок теплової потужності для першого, типового та останнього поверхів:

$$Q_{лх} = (Q_{1лх} \times b_1 \times b_2) / 0,97 = 1050 \text{ Вт}$$

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		28

Перший поверх:

Обчислюється витрата теплоносія, що надходить із тепломережі до радіаторів на першому поверсі.

Оскільки розрахункова теплова потужність для кожного з поверхів складає лише 36 Вт (що менше ніж 50 Вт), приймається рішення не встановлювати опалювальні прилади в цих приміщеннях.

:

$$G_{on1} = \frac{G_{T.M.} * Q_{on1}}{Q_{Л.Х.}} = 860,96 \text{ кг/год}$$

Визначаємо розрахунковий тепловий потік опалювального приладу:

$$Q_{on.1} = Q_{Л.Х.1нов} = 1110 \text{ Вт}$$

Перепад температур в опалювальному приладі:

$$\Delta t_{o.n.} = \frac{0,86 Q_{o.n.}}{G_{o.n.}} = 9,77 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температурний напір в опалювальних приладах:

$$\Delta t_T = T_z - \frac{\Delta t_{o.n.}}{2} - t_{вн} = 129,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

Поправочні коефіцієнти:

$$\varphi_1 = \left(\frac{\Delta t_T}{70} \right)^{1+n} =$$

$$\varphi_2 = \left(\frac{G_{o.n.}}{360} \right)^p =$$

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		29

Витрата води в системі опалення

Витрату води в системі опалення визначають за формулою:

$$G_{c.o.} = \frac{0,86 \cdot Q_{c.o.}}{t_2 - t_o} = 63,56 \text{ Кг/год}$$

$$\psi_1 = 1$$

$$\psi_2 = 1$$

$$\psi_3 = 1$$

$$c = 1$$

Потрібний тепловий потік опалювального приладу, приведений до нормальних умов:

$$Q_n^{номр} = \frac{Q_{o.n.}}{\varphi_1 \times \varphi_2 \times b \times c \times \psi_1 \times \psi_2 \times \psi_3} = 442 \text{ Вт}$$

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		30

Розділ 7
ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		31

Гравітаційний тиск у системі

Коефіцієнт врахування максимального природного тиску приймається 0,7.

Щоб забезпечити гідравлічну стабільність системи при статичному балансуванні, втрати тиску на приладових ділянках мають становити не менше 70% від загальних втрат у головному циркуляційному кільці. Наприклад, на приладовій ділянці дев'ятого поверху втрати тиску повинні бути не менше цього значення.

У випадку динамічного балансування, гідравлічна стабільність забезпечується автоматичним регулятором перепаду тиску, тому немає потреби досягати 70% втрат тиску у стояку.

$$\Delta P_{СТ.9.1} = \frac{\Delta P_{з.Д}}{0,3} \times 0,7 = 48067 \text{Па}$$

Умови ефективного регулювання тепла

Для забезпечення якісного регулювання теплової потужності радіаторний термостатичний клапан має працювати при втраті тиску не меншій за **25%** від загальних втрат на регульованій ділянці. Встановлення автоматичних регуляторів тиску на поквартирних приладових гілках дозволяє зменшити довжину регульованої частини системи до розмірів стояка квартири. Це збільшує "авторитет" клапана, тобто його вплив на регулювання, і суттєво покращує контроль тепловіддачі приладів.

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		33

Розділ 8
РОЗРАХУНКОВИЙ ТИСК ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАСОСУ В СИСТЕМІ
ОПАЛЕННЯ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		34

Визначення напору циркуляційного насоса системи опалення

Необхідний тиск, який має створювати циркуляційний насос опалювальної системи, розраховується за формулою:

$$P_H = 1,1 \times (\Delta P_{co} - 0,7 \times P_e)$$

де:

- ΔP_{co} — втрати тиску в системі опалення, Па;
- P_e — максимальний природний тиск, Па.

Природний тиск визначається за формулою:

$$P_e = 10^{-3} \times g \times \beta \times \Delta t \times (H_{\text{макс.о/п}} - H_{\text{іт}})$$

де:

- g — прискорення вільного падіння, 9,81 м/с²;
- β — середній приріст об'ємної маси води при охолодженні на 1 °С у діапазоні 65...95 °С, приймається рівним 0,624 кг/м³·К;
- Δt — різниця температур у подаючому та зворотному трубопроводах, °С;
- $H_{\text{макс.о/п}}$ — висота найвіддаленішого опалювального приладу від джерела тепла, м;
- $H_{\text{іт}}$ — висота джерела тепла, м.

Приклад розрахунків:

- $P_e = 4583$ Па
- $\Delta P_{co} = 40029$ Па
- $P_H = 40503$ Па

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		35

Розділ 9
РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО
ПУНКТУ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		36

Розділ 10
РОЗРАХУНОК ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		38

Розрахунок опалювальних приладів — це етап проєктування системи опалення, на якому підбираються тип, розміри та кількість радіаторів або інших приладів, які здатні забезпечити **необхідну теплову потужність для обігріву приміщення.**

Для точного підбору опалювальних приладів треба мати:

- розраховану **теплову потужність** приміщення
- **температурний графік** системи (**тип радіатора** (сталевий, алюмінієвий, чавунний тощо));
- **місце встановлення** (вільно, у стіні, в ніші);
- поправочні коефіцієнти: на схему підключення, орієнтацію, втрати тощо.

Розрахунок фактичного теплового потоку приладу

Реальний тепловий потік радіатора, з урахуванням відхилень від стандартних умов, визначається за формулою:

$$Q = Q_H \times \varphi_1 \times \varphi_2 \times b \times c \times \psi_1 \times \psi_2 \times \psi_3$$

де:

- Q_H — номінальна теплова потужність при нормальних умовах, Вт;
- φ_1 — поправка на зміну температурного напору;
- φ_2 — поправка на зміну витрати теплоносія;
- b — коефіцієнт барометричного тиску (прийнято $b = 1$ для спрощення);
- c — поправка на схему руху води;
- ψ_1 — поправка на напрямок руху води («згори вниз», приймається $\psi_1 = 1$);
- ψ_2 — коефіцієнт, що враховує кількість вертикальних рядів радіаторів ($\psi_2 = 1$ — однорядна установка);
- ψ_3 — поправка на глибину встановлення (також $\psi_3 = 1$ — однорядна установка).

						Дипломний проєкт	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		39

Оскільки горизонтальні ділянки труб приладових віток розміщені в монолітній плиті підлоги, тепловіддача від них не береться до уваги.

Радіатори встановлюються під вікнами, з вільним розміщенням у стіні. Підвід теплоносія виконується із зазорами для монтажу та обслуговування.

$$t_{ex} = t_r - \frac{0.86 \times Q_1 \times B_2 \times B_3}{G_{cm}} = t_r - \frac{0.86 \times Q_1^* \times B_3}{G_{cm}}$$

Визначаємо перепад температур води в радіаторах за формулою:

$$\Delta t_{o.п.} = \frac{0.86 \times Q_1^* \times B_3}{G_{cm} \times \alpha}$$

Температурний напір в кожному радіаторі обчислюємо за формулою:

$$\Delta t_r = t_{ex} - \frac{\Delta t_{o.п.}}{2} - t_{en}$$

Розрахункову теплову потужність кожного радіатора обчислюємо за формулою:

$$Q_{o.п.} = (Q_1 - 0.9 \times Q_{mp}) \times B_2 \times B_3$$

За формулою або за графіком знаходимо для кожного значення коефіцієнта ϕ_1 :

$$\phi_1 = \left(\frac{\Delta t_r}{70} \right)^{1+n}$$

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		40

Поправочний коефіцієнт ϕ_2 визначаємо за формулою:

$$\phi_2 = \left(\frac{G_{cm} \times \alpha}{360} \right)^p$$

Приймаємо для спрощення розрахунків коефіцієнти на барометричний тиск у формулі: $b = 1$

Згідно з поясненнями до формули для всіх радіаторів приймаємо коефіцієнт $\psi_1 = 1$ $\psi_2 = 1$ (однорядна установка радіаторів по вертикалі); $\psi_3 = 1$ (однорядна установка радіаторів у глибину).

Потрібний тепловий потік радіатора, приведений до нормованих умов, обчислюємо за формулою:

$$Q_H^{номр} = \frac{Q_{о.п.}}{\phi_1 \phi_2 b c \psi_1 \psi_2 \psi_3}$$

Фактичний тепловий потік радіатора визначаємо з технічної документації на прилад Розходження між величинами визначаємо для кожного радіатора за формулою:

$$M = \frac{Q_H^\phi - Q_H^{номр}}{Q_H^{номр}} \times 100\%$$

$d = 15\text{мм}$

Коефіцієнт затікання води у прилад $\alpha = 0,5$

$n = 0,3$	$\psi_1 = 1$	$b_1 = 0,99$
$p = 0,02$	$\psi_2 = 1$	$b_2 = 1,1$
$c = 1,039$	$\psi_3 = 1$	$b_3 = 1$

Розділ 11
ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК
ЗОВНІШНІХ ТА ВНУТРІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		42

Підбір конструкцій надземної частини зовнішньої стіни напівпідвалу, а також стін між напівпідвалом та сходовою кліткою і напівпідвалом та ІТП

Для визначення теплотехнічних характеристик зовнішніх конструкцій напівпідвалу та перегородок між ним і приміщеннями (сходова клітина, ІТП) використовується формула:

$$R_{\text{потр заг}} = ((t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн5}}) \times n) / (\alpha_{\text{вн}} \times \Delta t_{\text{н}})$$

Підставляючи значення:

- $t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн5}}$ — різниця температур (внутрішнє/зовнішнє);
- $n = 1$ — кількість шарів огорожень;
- $\alpha_{\text{вн}} = 7,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$ — коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні;
- $\Delta t_{\text{н}} = 6 \text{ °C}$ — нормований температурний напір;

Отримаємо:

$$R_{\text{потр заг}} = 0,50 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт},$$

$$K = 1 / R_{\text{потр заг}} = 2,01 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

Опір теплопередачі воріт, дверей до сходової клітки та ІТП

$$R_{\text{в}} = 0,6 * R_{\text{потр заг}} = 0,30 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Опір теплопередачі підземної частини зовнішньої стіни з урахуванням утеплювача

$$R = 1/\alpha_{\text{вн}} + \Sigma \delta/\lambda;$$

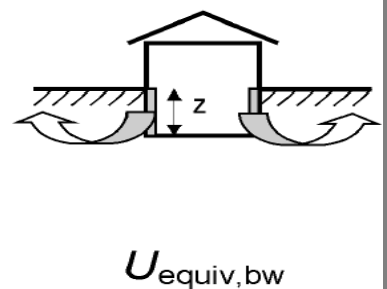
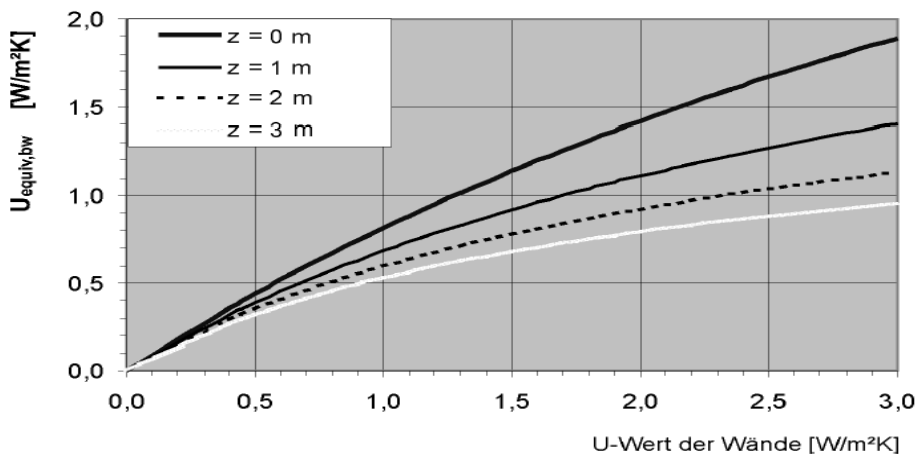
$$R = U_{\text{wand}} = 1,00 \text{ м}^2 \cdot \text{K/Вт}$$

Коефіцієнт теплопередачі стінових конструкцій опалювального підвалу, що розташована нижче рівня землі, визначається як функція від U_{wand} та Z

$$U_{\text{equiv, bw}} = 0,572 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		43

U_{wand} W/m ² · K	$U_{equiv,bw}$ W/m ² · K			
	$z = 0$ m	$z = 1$ m	$z = 2$ m	$z = 3$ m
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,44	0,39	0,35	0,32
0,75	0,63	0,54	0,48	0,43
1,00	0,81	0,68	0,59	0,53
1,25	0,98	0,81	0,69	0,61
1,50	1,14	0,92	0,78	0,68
1,75	1,28	1,02	0,85	0,74
2,00	1,42	1,11	0,92	0,79
2,25	1,55	1,19	0,98	0,84
2,50	1,67	1,27	1,04	0,88
2,75	1,78	1,34	1,09	0,92
3,00	1,89	1,41	1,13	0,96



$$R = 1/\alpha_{вн} + \Sigma\delta/\lambda;$$

$$R = 0,41 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

$$U_{boden} = 2,44 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°С})$$

$U_{equiv,k}$ – коефіцієнт передачі теплоти з урахуванням типу підлоги згідно з EN ISO 13370, який визначається залежно від характеристичного параметру B' , Вт/м²·°С.

Визначення параметра B' згідно EN ISO 13370

Параметр B' , необхідний для обліку тепловтрат через підлогу та контакт із ґрунтом, визначається як:

$$B' = A_g / (0,5 \times R)$$

де:

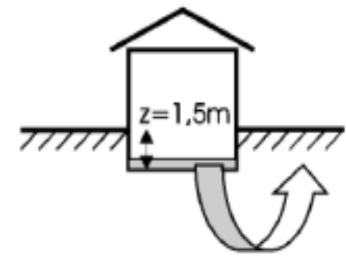
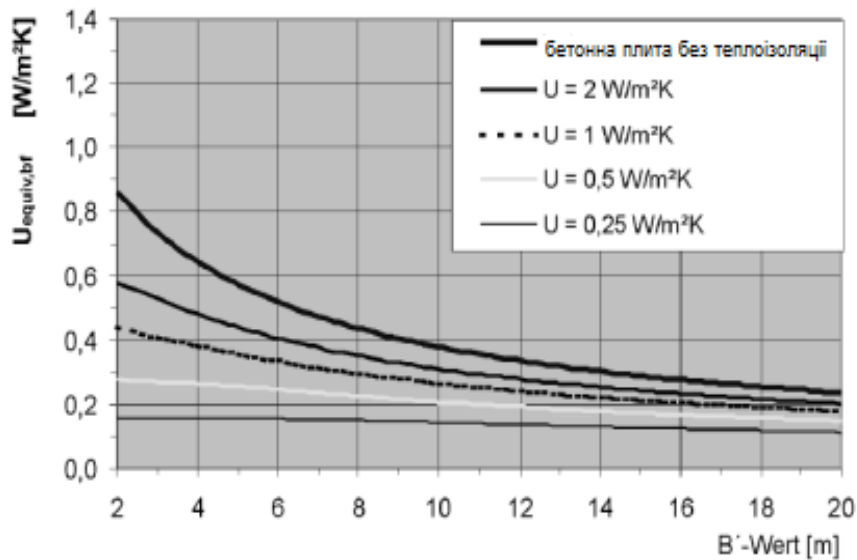
- $A_g = 1358 \text{ м}^2$ — площа підлоги;

- $P = 441 \text{ м}^2$ — площа стін, що контактують із ґрунтом;

$$B' = 14,17$$

Для розрахунків передбачається:

- Теплопровідність ґрунту: $\lambda_g = 2,0 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;
- Не враховується бокова теплоізоляція.



$$U_{\text{equiv,bf}}$$

Коефіцієнт теплопередачі плити підлоги опалюваного підвалу, що розташована нижче рівня землі на 1,5 м. Визначається як функція від u_{boden} та B'

B'-Wert m	$U_{\text{equiv,bf}}$ (für $z = 1,5 \text{ m}$) $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$				
	keine Dämmung	$U_{\text{Boden}} = 2,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	$U_{\text{Boden}} = 1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	$U_{\text{Boden}} = 0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	$U_{\text{Boden}} = 0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15
8	0,44	0,35	0,29	0,23	0,15
10	0,38	0,31	0,26	0,21	0,14
12	0,34	0,28	0,24	0,19	0,14
14	0,30	0,25	0,22	0,18	0,13
16	0,28	0,23	0,20	0,17	0,12
18	0,25	0,22	0,19	0,16	0,12
20	0,24	0,20	0,18	0,15	0,11

$$U_{\text{equiv,bf}} = 0,3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

Найменування огорожуючої конструкції	Опір теплопередачі, $m^2 \cdot ^\circ C / Wm$		Коефіцієнт теплопередачі $k, Wm / (m^2 \cdot ^\circ C)$	Опис конструкцій	$\delta_{заг}$
	$R_{заг}^H$	$R_{заг}$			
Перекриття над підвалом	3,75	3,96	0,253	Ліноліум на мастиці, стяжка з легкого бетону $\delta = 0.05$ м, гідроізоляція, утеплювач із мінераловатних плит, пароізоляція, багатопустотна залізобетонна панель $\delta = 0.22$ м, $\delta_{ут} = 0,2$ м	0,390
Надземна частина зовн. стіни	0,50	0,58	1,724	Бетонні фундаментні блоки	0,600
Підземна частина зовн. стіни	-	1,00	0,572	Бетонні фундаментні блоки з утепленням	0,600
Зовнішні ворота	0,30	0,30	3,346	Автоматично - підйомні ворота, розміром 3x2 м	-
Внутрішні двері	0,22	0,22	4,545	Двері дерев'яні одинарні	-
Внутрішні стіни	-	0,66	1,514	Кладка із суцільної глиняної звичайної цегли на цементно-піщаному розчині з вапняно-піщаною штукатуркою ($d = 15$ мм), 250мм	0,280
Підлога	-	0,41	0,300	Бетонні фундаментні блоки з утепленням	0,600

Розділ 12
РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		47

Визначення тепловтрат

Тепловтрати через огорожувальні конструкції

Втрати тепла з гаража визначаються шляхом підсумовування теплових втрат через кожен окремий елемент огороження, згідно з нормативними вимогами або методичними вказівками. Додатково враховуються тепловтрати через ворота, якщо вони не оснащені повітряно-тепловими завісами — коефіцієнт корекції β додається до загальних втрат.

Витрати тепла на обігрів автомобілів

Автомобілі довжиною до 6 м і шириною до 2 м належать до I категорії. Для такої категорії обігрів у гаражі приймається на 1 годину. Кількість авто, що заїжджає протягом години, приймається рівною загальній кількості припаркованих авто. Втрати тепла на їх нагрів (з урахуванням тепловиділення від двигунів) обчислюються за формулою:

$$Q_{\text{авт}} = n \times q = 215243 \text{ Вт},$$

де $q = 3170 \text{ Вт}$ — середні витрати теплоти на один автомобіль при внутрішній температурі $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ та зовнішній $-21 \text{ }^\circ\text{C}$.

Визначення теплоприпливів

Теплоприпливи від суміжних приміщень

Гараж межує із сходовою кліткою, ІТП та приміщеннями першого поверху, де температура повітря відрізняється. Теплоприпливи з цих приміщень до гаража враховуються у розрахунках згідно нормативів, і заносяться до відповідної таблиці.

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		48

Тепловиділення від освітлення

Уся електроенергія, витрачена на освітлення, переходить у тепло. Розрахунок здійснюється за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = E \times A \times q_{\text{осв}} \times \gamma_{\text{осв}} = 2010 \text{ Вт},$$

де:

- $E = 20 \text{ лк}$ — нормативна освітленість;
- $A = 1358 \text{ м}^2$ — площа підлоги гаража;
- $q_{\text{осв}} = 0,074 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{лк})$ — питомі тепловиділення для приміщень площею $>200 \text{ м}^2$;
- $\gamma_{\text{осв}} = 1$ — уся тепла енергія враховується.

Тепло від електродвигуна воріт

Втрати від електродвигуна підіймача воріт:

$$Q_{\text{д}} = N_{\text{у}} \times k_{\text{п}} \times (1 - k_{\text{з}} \times \gamma) = 116 \text{ Вт},$$

де:

- $N_{\text{у}}$ — номінальна потужність двигуна;
- $k_{\text{п}} = 0,5, k_{\text{з}} = 0,5, \gamma = 0,75$ — стандартні коефіцієнти споживання, завантаження та ККД.

Тепло від людей

Тепловиділення від однієї людини в русі (3 м/с) — 2,4 мет (1 мет = 58 Вт).

Кількість людей приймається рівною числу автомобілів, а час перебування — 10 хвилин ($\eta = 0,17$).

Формула:

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		49

$$Q_{л} = 58 \times n \times m \times \eta = 1575,3 \text{ Вт},$$

де $n = 57,9$ осіб

Теплоприпливи від трубопроводів

Температура подаючої труби — **150 °С**, зворотної — **70 °С**. Теплоприпливи від них розраховуються окремо.

Призначення трубопроводу	Тем-тура,С	Довжина, м	Діаметр, мм	Тепл. потік, Вт/м	Тепловидалення, Вт
Подавальний трубопровід	150	16,9	50	29	490,1
Подавальний трубопровід	85	6,6	32	19	125,4
Подавальний трубопровід	85	12	70	28	336
Зворотній трубопровід	70	6,6	32	12	79,2
Зворотній трубопровід	70	16,5	50	15	247,5
Зворотній трубопровід	70	12	70	18	216

$$Q_{тр} = 911 \text{ Вт}$$

Тепловий баланс гаража

У приміщеннях для зберігання авто проектується **повітряна система опалення з вентиляцією**. У неробочий час підтримується **чергове опалення**, щоб забезпечити стабільну плюсову температуру.

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		50

Стаціонарний режим:

$$Q_{ст.вт} = Q_{огк} - Q_{осв} - Q_{ітп} - Q_{д} - Q_{ст} - Q_{ск} - Q_{тр} = 68512 \text{ Вт}$$

Нестационарний режим:

$$Q_{нест.вт} = Q_{огк} + Q_{авт} - Q_{осв} - Q_{ітп} - Q_{ск} - Q_{д} - Q_{ст} - Q_{л} - Q_{тр} = 282080 \text{ Вт}$$

Потужність додаткової (періодичної) системи опалення:

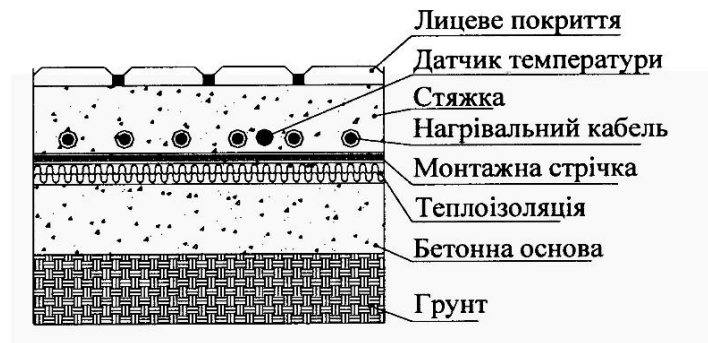
$$Q_{дсо} = Q_{нест.вт} - Q_{ст.вт} = 213570 \text{ Вт}$$

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		51

Розділ 13
РОЗРАХУНОК НАГРІВАЛЬНОЇ СЕКЦІЇ ЕКСО ПД.

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		52

Визначення приведених опорів теплопередачі прошарків підлоги



Для підлоги, що обігривається електричним кабелем, визначають два типи приведених опорів теплопередачі:

- R_{si} — опір між нагрівальним кабелем і повітрям усередині приміщення;
- R_{se} — опір між нагрівальним кабелем і зовнішнім середовищем, тобто грунтом.

Структура підлоги:

1. Лицьове покриття (асфальтобетон)

- Товщина: $\delta_{асф} = 0,02$ м
- Теплопровідність: $\lambda = 1,05$ Вт/(м·°С)
- Коефіцієнт тепловіддачі: $\alpha = 8,7$ Вт/м²·°С

2. Бетонна стяжка над кабелем

- Товщина: $\delta_{стяж} = 0,04$ м
- Теплопровідність: $\lambda = 0,76$ Вт/(м·°С)

Загальний опір теплопередачі верхніх прошарків підлоги R_{si} визначається як сума опорів усіх шарів, включно з опором тепловіддачі на поверхні.

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{асф}}{\lambda_{асф}} + \frac{\delta_{стяж}}{\lambda_{стяж}} = 0,18662 \text{ М}^2 \text{ °С /Вт}$$

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		53

Розраховуємо необхідну теплову потужність нагрівальної секції

$$Q_{ht}^{req} = Q_{cm} (R_{si} + R_{se}) / R_{se}$$

$$Q_{ht}^{req} = 12786 \text{ Вт}$$

Розрахунок електричної потужності системи обігріву

$$P_{e.ht}^{req} = k_z Q_{ht}^{req} (U_n / U),$$

Розрахунок електричної потужності системи обігріву

Електрична потужність нагрівальної секції визначається з урахуванням коефіцієнта запасу $k_z = 1,2$, що враховує можливу різницю між фактичними та розрахунковими тепловими втратами.

- Номінальна та робоча напруга:
 $U_n = U = 220 \text{ В}$
- Загальна розрахункова потужність:
 $P_{req.e.ht} = 15\,343 \text{ Вт}$
- Питома потужність на одиницю площі:
 $p = P_{req.e.ht} / \Sigma A_i = 11,094 \text{ Вт/м}^2$

Для реалізації приймається двожильний нагрівальний кабель **ДТІР-18** довжиною не менше 830 м.

Використовуються бухти по 192 м із загальною встановленою потужністю 17 625 Вт.

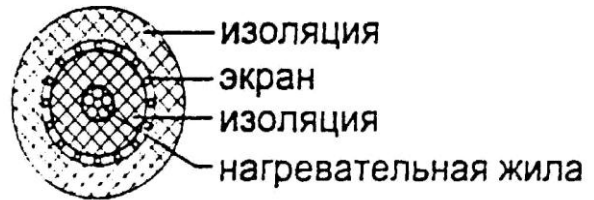
Управління здійснюється за допомогою терморегулятора, підключеного через електромагнітний пускач.

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		54

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

DSIG-20

Тип кабеля:	одножильный с экраном
Напряжение питания:	~ 230/400 В
Мощность, удельная:	20 Вт/м при 230/400 В, 18,5 Вт/м при 220/380 В
Диаметр:	5,5 мм
Соединит. провод:	2x2,5 м (1x1,5 мм ² + экран)
Изоляция:	«сшитый» полиэтилен XLPE
Оболочка:	поливинилхлорид PVC
Макс. температура:	65°C



Розраховуємо крок укладання нагрівального кабелю S_{ht} , см

$$S_{ht} = \frac{100 \cdot \sum A_i}{l_k} = 167 \text{ см} > 0,25 \text{ м}$$

де $\sum A_i$ – площа підлоги гаража, м²;

Задаюся максимальним кроком укладки

кабелю $S_{ht}=25\text{см}$

і визначають площу нагрівальної секції

$$An^{req} = \frac{S_{ht} * l_k}{100} = 207\text{м}^2 \ll 1383 \text{ м}^2$$

Периметр гаража складає $P=208,13$

Приймаємо периметральне росташування останнього на відстані 0,5 м від стіни.

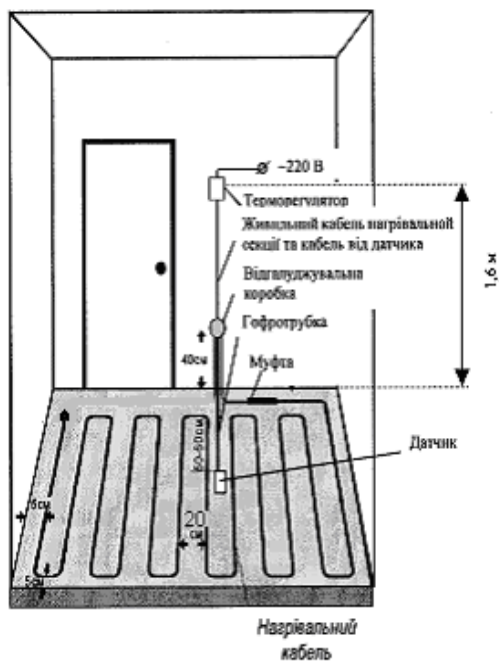
Вибір 2 терморегуляторів.

Встановлюємо терморегулятор серії : devireg 120

з датчиком температури полу

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		55

Серія devireg™120 для установки на стіну, електронні, 10 А, 220 В, IP31.



Тип	Діапазон	Датчик(и)	Система
devireg™ 120	5°C , 35°C	Пола на проводе	Отопление, тёплый пол

Розрахунок інтенсивності теплового опромінення

Оцінка інтенсивності радіаційного тепловипромінювання виконується шляхом розрахунку коефіцієнта променевого теплообміну α_L на поверхні огорожувальних конструкцій приміщення.

Формула:

$$\alpha_L = C_{\text{спр}} \times \beta$$

- $C_{\text{спр}} = 4,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ — приведений коефіцієнт випромінювання для внутрішніх поверхонь із бетону або цегли, покритих фарбою або шпалерами.
- β — температурний коефіцієнт, обчислюється так:

$$\beta = 0,81 + 0,005 \times (\tau\beta + tR)$$

$\tau\beta = 11,5 \text{ }^\circ\text{C}$ — температура поверхні підлоги;

$tR = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ — середня (радіаційна) температура внутрішніх поверхонь приміщення.

$$\beta = 0,91,$$

отже:

$$\alpha_{\text{л}} = 4,9 \times 0,91 = 4,46 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

Розрахунок питомого теплового випромінювання на людину

Тепловий потік, що випромінюється внутрішніми поверхнями приміщення і сприймається людиною, визначається за формулою:

$$q = \alpha_{\text{пр}} \times (t_{\text{R}} - t_{\text{р}})$$

де:

- $\alpha_{\text{пр}} = 4,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$ — коефіцієнт променевого теплообміну;
- $t_{\text{R}} = 8 \text{ °C}$ — радіаційна температура;
- $t_{\text{р}} = 5 \text{ °C}$ — температура повітря в приміщенні.

$$q = 4,5 \times (8 - 5) = 13,5 \text{ Вт/м}^2$$

Це значення суттєво нижче гранично допустимого рівня 35 Вт/м^2 , тому умова дотримана.

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		57

Розділ 14
РОЗРАХУНОК МІСЦЕВОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		58

Попередньо назначають довжину зони обслуговування агрегатом $l = 12...18\text{м}$

(при висоті приміщень висотою до 4м). Приймаємо в розрахунках $l = 14\text{м}$.

Розраховуємо ширину зони обслуговування:

$$b = \frac{2}{h_{z.n.}} \left(\frac{l}{m} \right)^2$$

$$b = 11,90\text{м}$$

$$h_{гп} = 4,2\text{м}$$

$$l = 14\text{м}$$

$$m = 2,8$$

$$n = 1,7$$

Коефіцієнт затухання струмини приймають з технічного опису агрегату. У даній роботі для вихідного отвору агрегату, котрий являє рідку решітку за осьовим вентилятором у короткому патрубку приймають $t = 2,8$, а коефіцієнт затухання температури $n = 1,7$.

Визначають об'єм зони обслуговування одним агрегатом

$$V = l * b * h_{г.п.} = 700\text{м}^3$$

Визначають кількість агрегатів

$$n = V_{гп} / V = 1,18\text{шт}$$

$$\text{Де } V_{гп} = 823,7$$

Приймаємо до установки $n = 11$ опалювально-вентиляційних агрегатів.

Знаходять необхідну теплопродуктивність одного повітряно-опалювального агрегату :

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		59

$$Q = Q_{\text{дсо}} / \Pi = 19415 \text{ Вт}$$

Розраховують висоту розташування агрегатів над підлогою

$$h = 0,85_{\text{нр.п.}} = 3,57$$

Вибираємо за питомою теплопродуктивністю агрегат і заносимо до дод. 2 його технічні дані:

Характеристики повітряно-опалювальних агрегатів

Тип агрегату	Енергоносій	Продуктивність			Надлишкова температура повітря $\Delta t, \text{оС}$		Швидкість повітря $v_0, \text{м/с}$		Площа патрубку $A_0, \text{м}^2$
		$Q_0, \text{Вт}$	$L_0, \text{м}^3/\text{ГОД}$						
Девітемп	3×380 В	21000	800	1400	36,5	42	2,78	4,86	0,08
121									

Визначаю допустиму надлишкову температуру повітря, що подається агрегатом за формулою:

$$\Delta t_o = 1300 \frac{v_o^2 \sqrt{A_o}}{m n A_n} = 0,4317 \text{ } ^\circ\text{С}$$

де 1300 – розмірний коефіцієнт; v_0 – швидкість виходу повітря з агрегату, м/с; A_0 – площа перерізу вихідного патрубка агрегату.

$$v_{\text{max}} = K v_o \sqrt{\frac{A_o}{A_n}} = 0,024 \text{ м/с}$$

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		60

$K=1.15$ при $n=11$

де K – коефіцієнт, котрий враховує кількість агрегатів в одному ряду, приймають рівним 1,15 при 2 шт

Знаходимо максимальну надлишкову температуру повітря в робочій зоні (зворотному потоці).

$$\Delta t_{\max} = 1,4 \Delta t_o \sqrt{\frac{A_o}{A_n}} = 0,0046 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отримане значення, згідно нормативу при температурі приміщення $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ не повинно перевищувати $\pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		61

Список літератури

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27 2010 «Будівельна кліматологія».
2. ДБН В.2.5-67-2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
3. ДБН В.2.6-31-2021 «Теплова ізоляція будівель».
4. ДБН В.2.2-15:2019 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення»/Держбуд України. – К.:, 2005.
5. ДСТУ 9191:2022 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель».
6. ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2007 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі та мережі гарячого водопостачання з використанням попередньо теплоізолюваних трубопроводів. Настанова з проектування, монтажу, приймання та експлуатації».
7. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина “Теплові мережі та споруди”). Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007, – 244 с.
8. ДБН В.2.6-31:2016 «Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель» Зміна № 1.
9. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» - [Дата введення 2014-01-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2014. – 55 с. – (Національний стандарт України).
10. ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», 2014.
11. ДСТУ Б А.2.4-1:2009 «Умовні зображення і позначки трубопроводів та їх елементів».
12. ДБН Б.2.2-12:2019 «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень».
13. ДБН В.2.5-39:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди».
14. ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні».

						Дипломний проект	Арк.
Зм.	Кіл.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		62

Гідродинамічні характеристики трубопроводів Дод 1							
Дн , мм	двн, мм	dy, мм	λ/d , згідно формули, 1/м	G/v, (кг/год)/(м/с)	$A \cdot 10^{-4}$, Па/(кг/год) ²	λ/d , м ⁻¹	
ГОСТ 3262-89*		Труба сталева водогазопровідна звичайна					
кз= 0,27316							
13,5	9,1	8	5,096465267	227,63	0,009385077	5,670	
17,0	12,6	10	3,393185698	436,40	0,002553414	3,620	
21,3	15,7	15	2,577485577	677,55	0,001059265	2,690	
26,8	21,2	20	1,770724446	1235,42	0,000318610	1,790	
33,5	27,1	25	1,302744342	2018,74	0,000119324	1,300	
42,3	32,9	32	1,022294294	2975,32	0,000054931	0,895	
48,0	41,0	40	0,776409764	4620,72	0,000022776	0,753	
60,0	53,0	50	0,563282128	7721,35	0,000008156	0,540	
ГОСТ 10704-91*		Труба сталева електрозварна					
кз= 0,224							
57,0	51,0	50	0,563964425	7149,60	0,000009513	0,600	
76,0	70,0	70	0,379613702	13469,07	0,000002680	0,377	
89,0	83,0	80	0,306808095	18936,41	0,000001356	0,304	
108,0	101,0	100	0,240056081	28040,40	0,000000618	0,237	
133,0	125,0	125	0,183897961	42949,84	0,000000264	0,181	
159,0	150,0	150	0,146419984	61847,77	0,000000127	0,144	
		Труба поліетиленова РЕХ-с					
кз= 0,006							
14	10	14x2	2,337458473	274,88	0,006435813		
16	12	16x2	1,861089875	395,83	0,003103691		
18	14	18x2	1,534913336	538,76	0,001675295		
20	16	20x2	1,298954461	703,69	0,000982027		
26	20	26x3	0,982780225	1099,52	0,000402238		
32	26	32x3	0,707990156	1858,18	0,000140835		
40	33	40x3,5	0,525534800	2993,43	0,000054268		

Результати розрахунку радіаторів Дод2

№ опал.припис.	Необхідна розрахункова теплова потужність	Витрата води у ОП	Температура води на вході у ОП	Перепад температур води в опал. приладі	Розрахункова температура припливна	Температурний напір ОП	Тепловіддача відкрито прокладених труб	Розрахункова теплова потужн. опал.приладу	Поправ.коєф. на витрату води в ОП	Поправ.коєф. на температурний напір ОП	Потрібний тепловий потік опал. приладу	Довжина опал.приладу	Фактичний тепловий потік опал. приладу	Нев'язка	Тип радіатору
№ прим.	Q_1 , Вт	$G_{оп}$, кг/год	t_{ex} , °C	$\Delta t_{o.n.}$, °C	$t_{вн}$, °C	Δt_m , °C	$Q_{тр}$, Вт	$Q_{оп}$, Вт	φ_1	φ_2	$Q_{потр}$, Вт	мм	$Q_{н.ф.}$, Вт	M, %	H=500мм
101	1049	45	80	20	22	48	0	1059	0,61	0,96	1753	1600	1952	11,35	20VK
102	735	32	80	20	20	50	0	742	0,65	0,95	1173	900	1289	9,84	21VK
103	950	41	80	20	20	50	0	960	0,65	0,96	1509	1400	1708	13,19	20VK
104	930	40	80	20	20	50	0	939	0,65	0,96	1478	600	1639	10,91	33VK
105	740	32	80	20	20	50	0	747	0,65	0,95	1181	1100	1342	13,61	20VK
106	1030	44	80	20	22	48	0	1040	0,61	0,96	1722	1600	1952	13,33	20VK
107	800	34	80	20	20	50	0	808	0,65	0,95	1275	1000	1432	12,31	21VK
108	980	42	80	20	22	48	0	990	0,61	0,96	1640	800	910	10,95	11VK
109	1060	46	80	20	20	50	0	1071	0,65	0,96	1680	1000	1911	13,75	22VK
110	960	41	80	20	20	50	0	970	0,65	0,96	1524	1400	1708	12,04	20VK
111	880	38	80	20	20	50	0	889	0,65	0,96	1400	800	1529	9,22	22VK
112	980	42	80	20	20	50	0	990	0,65	0,96	1556	1400	1708	9,80	20VK
113	950	41	80	20	20	50	0	960	0,65	0,96	1509	1400	1708	13,19	20VK
114	1000	43	80	20	20	50	0	1010	0,65	0,96	1587	900	1720	8,40	22VK
115	1010	43	80	20	22	48	0	1020	0,61	0,96	1690	500	956	13,16	22VK
116	810	35	80	20	20	50	0	818	0,65	0,95	1291	1000	1432	10,95	21VK
											23968		24896	3,87	
401/901	935	40	80	20	22	48	0	944	0,61	0,96	1566	1400	1708	9,05	20VK
402/902	625	27	80	20	20	50	0	631	0,65	0,95	1001	900	1098	9,73	20VK
403/903	803	35	80	20	20	50	0	811	0,65	0,95	1280	1000	1432	11,88	21VK
404/904	788	34	80	20	20	50	0	796	0,65	0,95	1257	1100	1432	13,96	21VK
405/905	625	27	80	20	20	50	0	631	0,65	0,95	1001	900	1098	9,73	20VK
406/906	918	39	80	20	22	48	0	927	0,61	0,96	1538	1400	1708	11,02	20VK
407/907	671	29	80	20	20	50	0	678	0,65	0,95	1074	1600	1206	12,29	10VK
408/908	871	37	80	20	22	48	0	880	0,61	0,96	1461	1100	829	13,48	10VK
409/909	896	39	80	20	20	50	0	905	0,65	0,96	1426	1100	1575	10,48	21VK
410/910	815	35	80	20	20	50	0	823	0,65	0,95	1299	1000	1432	10,25	21VK
411/911	744	32	80	20	20	50	0	751	0,65	0,95	1187	900	1289	8,56	21VK
412/912	828	36	80	20	20	50	0	836	0,65	0,95	1319	1600	1448	9,77	10VK
413/913	804	35	80	20	20	50	0	812	0,65	0,95	1282	1000	1432	11,73	21VK
414/914	849	37	80	20	20	50	0	857	0,65	0,96	1351	800	1529	13,15	22VK
415/915	897	39	80	20	22	48	0	906	0,61	0,96	1505	600	859	14,19	21VK
416/916	687	30	80	20	20	50	0	694	0,65	0,95	1099	1100	1251	13,88	11VK
											20644		21326	3,30	
1001	965	41	80	20	22	48	0	974	0,61	0,96	1615	1600	1819	12,60	11VK
1002	663	29	80	20	20	50	0	669	0,65	0,95	1060	500	1147	8,16	22VK
1003	860	37	80	20	20	50	0	869	0,65	0,96	1369	800	1529	11,71	22VK
1004	840	36	80	20	20	50	0	848	0,65	0,96	1337	800	1529	14,32	22VK
1005	670	29	80	20	20	50	0	677	0,65	0,95	1072	1600	1206	12,54	10VK
1006	950	41	80	20	22	48	0	960	0,61	0,96	1591	1600	1819	14,32	11VK
1007	720	31	80	20	20	50	0	727	0,65	0,95	1150	900	1289	12,09	21VK
1008	900	39	80	20	22	48	0	909	0,61	0,96	1509	700	854	13,19	20VK
1009	960	41	80	20	20	50	0	970	0,65	0,96	1524	900	1720	12,83	22VK
1010	870	37	80	20	20	50	0	879	0,65	0,96	1384	2000	1508	8,94	10VK
1011	790	34	80	20	20	50	0	798	0,65	0,95	1259	1000	1432	13,70	21VK
1012	880	38	80	20	20	50	0	889	0,65	0,96	1400	1100	1575	12,51	21VK
1013	860	37	80	20	20	50	0	869	0,65	0,96	1369	800	1529	11,71	22VK
1014	910	39	80	20	20	50	0	919	0,65	0,96	1447	600	1639	13,30	33VK
1015	930	40	80	20	22	48	0	939	0,61	0,96	1558	600	859	10,25	21VK
1016	730	31	80	20	20	50	0	737	0,65	0,95	1166	700	1338	14,79	22VK
											21811		22792	4,50	