КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА ЕКОЛОГІЇ

КАФЕДРА ТЕПЛОТЕХНІКИ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:
«Енергоефективна система теплопостачання житлової забудови в м. Києві»

Махобродзе Ярослав Віталійович

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА ЕКОЛОГІЇ

КАФЕДРА ТЕПЛОТЕХНІКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Кириченко М.А.
«___» _____20___ року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Енергоефективна система теплопостачання житлової забудови в м. Києві

Виконав студент групи ТВм-22-2

192 Будівництво та цивільна інженерія
(спеціальність)
Теплогазопостачання і вентиляція
(спеціалізація)
Махобродзе Ярослав Віталійович

Керівник Чепурна Н.В.

доцент, кандидат технічних наук

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра теплотехніки
Освітній рівень «магістр за ОПП»
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітня програма «Теплогазопостачання і вентиляція»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету _____

"____" _____2018 року

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

Махобродзе Ярослав Віталійович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Енергоефективна система теплопостачання житлової забудови в м.Києві»
затверджена наказом ректора КНУБА № 759/2 від 10.05.2024

2.Керівник роботи Чепурна Наталія Володимирівна, ктн., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 20.06

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р.1. Характеристика об'єкту теплопостачання.
Р.2. Теплопостачання (розрахунок та регулювання теплових потоків; гідравлічний розрахунок; розробка монтажної схеми та п'єзометричного графіка теплової мережі; побудова повздовжніх профілів теплової мережі; розрахунок джерела теплоти.)
Р.3. Енергоефективність.
Р.4. Автоматизація.
Р.5. Технології та організація монтажу інженерних систем і мереж.
Р.6. Охорона праці.
5. Графічний матеріал за розділами.

Р.1. Генеральний план.
Р.2. Графік витрат теплоти; п’єзометричний графік; опалювально-побутові графіки; монтажна схема теплової мережі; поздовжній профіль; теплова камера; теплова схема котельні.
Р.3. Техніко-економічні показники прийнятих проектних рішень.
Р.4. Схема автоматизації.
Р.5. Календарний план виконання робіт.

6. Календарний план виконання роботи: а) наукова частина;
б) практична частина.

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Характеристика об’єкту теплопостачання	01.04.-10.04.
Розділ 2. Теплопостачання	10.04.-15.5.
Розділ 3. Енергоефективність	15.5.-29.5.
Розділ 4. Автоматизація	29.5.-02.6.
Розділ 5. Технології та організація монтажу інженерних систем і мереж	02.6.-09.6.
Розділ 6. Охорона праці	09.6.-12.6.
Остаточне оформлення роботи	12.6.-20.6.
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	21.6.
Попередній захист роботи на кафедрі	21.6.

7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 4	Соболевська Т.Г. ас.		
Розділ 5	Сенчук М.П. ктн., доц.		
Розділ 6	Клімова І.В. ктн., доц.		

8. Дата видачі завдання 01.02

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

Керівник _____ Чепурна Н.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Махобродзе Я.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary) до кваліфікаційної роботи студента:	Махобродзе Ярослав Віталійович		
ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема	Енергоефективна система теплопостачання житлової забудови в м. Києві		
	Energy-efficient heat supply system for residential buildings in Kyiv		
Освітній ступень	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання		
Факультет	Факультет інженерних систем та екології		
Кафедра	Теплотехніки		
Спеціальність	192 Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма	Теплогазопостачання та вентиляції		
Керівник	Чепурна Наталія Володимирівна		
Обсяг роботи:	Пояснювальна записка, сторінок	Розділів	Креслень формату А1
Розділ 1	Визначення схеми та технічної характеристики системи теплопостачання.		
Розділ 2	Визначення теплових навантажень для систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Виконано розрахунок річного споживання тепла та витрат теплоносія. Регулювання теплових навантажень. Проведено гідравлічний розрахунок і розроблено монтажну схему, п’єзометричний графік та профілі теплової мережі. Створення джерела тепла.		
Розділ 3	Розроблено заходи для підвищення енергоефективності системи. Проведено розрахунок і підбір загальнобудинкових та квартирних теплових лічильників. Виконано порівняння та обрано оптимальне обладнання для джерела тепла. Здійснено порівняльний аналіз і вибір найкращого палива для генерації теплової енергії. Проведено розрахунок викидів забруднюючих речовин від спалювання різних видів палива. Розраховано ефективність встановлення частотного регулювання насосною групою. Виконано техніко-економічне обґрунтування прийнятих проектних рішень.		
Розділ 4	Розроблено схему автоматизації індивідуального теплового пункту.		

Розділ 5	Розроблено детальний календарний план монтажних робіт та лінійний графік їх реалізації. Створено графік різноритмічного потоку. Описано технологічний процес виконання монтажних робіт.
Розділ 6	Було проведено аналіз ризиків і небезпек, що впливають на виконання будівельно-монтажних робіт, а також визначено заходи для їх запобігання та мінімізації.
Висновки по роботі:	Результатом кваліфікаційної роботи є науково обґрунтоване вибір обладнання для джерела теплової енергії. На підставі комплексного аналізу технічних та економічних показників та порівняльного аналізу різних видів палива було обґрунтовано та визначено найбільш оптимальний та продуктивний вид палива. Підтверджено ефективність та економічність обраного технічного рішення.
Ключові слова	Система теплопостачання, енергоефективність, техніко-економічне обґрунтування, енергоспоживання.

Укладач: Махобродзе Я.В.

Керівник: Чепурна Н.В.

Зміст

Вступ

1. Характеристика об’єкту теплопостачання
   1.1 Вихідні дані до проекту
   1.2 Вибір схеми теплопостачання
2. Теплопостачання
   2.1 Розрахунок теплових потоків
   2.2 Теплові потоки протягом опалювального періоду
   2.3 Річні витрати теплоти
   2.4 Регулювання теплових потоків
   2.5 Розрахунок витрат теплоносія
   2.6 Гідравлічний розрахунок
   2.7 Розробка монтажної схеми теплової мережі
   2.8 П’єзометричний графік теплової мережі
   2.9 Побудова поздовжніх профілів теплових мереж
   2.10 Розробка джерела теплоти
      2.10.1 Тепловий розрахунок
      2.10.2 Аеродинамічний розрахунок
3. Енергозбереження в системах теплопостачання
   3.1 Заходи по енергозбереженню
   3.2 Розрахунок витрат теплоносія
      3.2.1 Підбір обладнання обліку теплової енергії
      3.2.2 Монтаж і експлуатація приладів
   3.3 Аналіз та вибір необхідного палива
   3.4 Порівняння та вибір обладнання для джерела теплоти
   3.5 Розрахунок викидів забруднюючих речовин
   3.6 Встановлення частотного регулювання насосною групою
4. Автоматизація
   4.1 Загальні відомості

4.2 Опис функцій системи автоматизації
5. Технології та організація монтажу інженерних систем і мереж
5.1 Технологія будівельно-монтажних робіт
5.1.1 Підготовчі роботи
5.1.2 Будівництво зовнішніх теплових мереж
5.2 Організація будівельно-монтажних робіт
5.2.1 Складання календарного плану монтажних робіт та побудова лінійних графіків
5.2.2 Вибір методу організації будівельно-монтажних робіт
6. Охорона праці
6.1 Аналіз проекту по небезпечним та шкідливим факторам на період монтажу системи теплопостачання
6.2 Заходи профілактики виявлених шкідливих та небезпечних факторів
6.3 Визначення стійкості трубоукладчика
6.4 Визначення розміру небезпечної зони при роботі трубоукладчика
Висновок
Список використаної літератури
Додатки

Вступ

Основними користувачами теплової енергії є житлові та громадські будівлі, де ця енергія використовується для забезпечення комфортних умов для проживання та виконання комунально-побутових потреб.

Однією з ключових переваг централізованих систем теплопостачання є можливість використання палива, яке оптимальне з техніко-економічної точки зору і що сприяє збереженню довкілля завдяки його вищій екологічній чистоті.

Важливим напрямком науково-технічного прогресу в галузі теплопостачання є впровадження новітніх теплоізоляційних матеріалів та розробка методів, спрямованих на зменшення споживання енергії та підвищення енергоефективності.

Використання попередньо ізольованих труб дозволяє проводити монтаж швидко та якісно, мінімізуючи при цьому землевідведення, що має особливе значення, особливо в міському середовищі. Особливості конструкції цих трубопроводів роблять їх ефективними при підземному безканальному прокладанні.

Використання попередньо ізольованих трубопроводів має численні переваги, включаючи:

-зниження тепловтрат завдяки теплоізоляції;

-збільшення терміну експлуатації теплових мереж без аварій;

-зниження експлуатаційних витрат;

-зменшення витрат на ремонт теплових мереж.

Впровадження комплексу енергозберігаючих заходів та використання відповідних технологій може призвести до економії енергії на рівні 30-40% та підвищення загальної якості системи теплопостачання.

Розділ 1
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Даним проектом передбачено розробку системи теплопостачання для житлової забудови на вулиці Метрологічній у місті Києві. Джерелом теплопостачання є магістральні теплові мережі опалювальної котельні з параметрами теплоносія 115-70ºС. Регулювання відпуску тепла здійснюється якісно-кількісно.

Проект передбачає підземну прокладку теплових мереж безканально, в деяких випадках - в непрохідних каналах або футлярах. Переваги безканального прокладання теплопроводів у порівнянні з прокладкою в непрохідних каналах включають зниження працезатрат більш ніж у 2 рази, скорочення обсягу робіт і скорочення термінів будівництва.

Для прокладки теплових мереж використовуються попередньо ізольовані пінополіуретаном трубопроводи. Компенсація температурних подовжень здійснюється самокомпенсацією за рахунок поворотів траси.

Приєднання систем опалення та систем ГВП до тепломережі передбачається за незалежною схемою з використанням сучасних пластинчастих теплообмінників.

1.1 Вихідні дані до проекту

Даним проектом вирішується питання енергоефективної системи теплопостачання житлової забудови в місті Києві.

- ✓ розрахункові температури мережної води:
  - подавального трубопроводу .....115 °С;
  - зворотного трубопроводу.....70 °С;
- ✓ система теплопостачання .....закрита;
- ✓ кількість жителів, об'єми основних та допоміжних приміщень:
  - Торговий центр.....1554 м^3;
  - Житловий будинок №1/1.....23833м^3;
  - Житловий будинок №1/2.....30656 м^3;
  - Житловий будинок №1/3.....16139 м^3;
  - Житловий будинок №2/1.....23833 м^3;
  - Житловий будинок №2/2.....32099 м^3;
  - Житловий будинок №3.....34659 м^3;
  - Житловий будинок №4.....36778 м^3;
  - Житловий будинок №5.....25823 м^3;
  - Житловий будинок №6.....30248 м^3;
  - Житловий будинок №7.....22597 м^3;
- ✓ тривалість опалювального періоду .....187 діб;
- ✓ тривалість стояння температур зовнішнього повітря [1, 2] наведено в табл. 1.1:

Таблиця 1.1

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

- ✓ розрахункова температура на опалення .....- 22 °С;
- ✓ середня температура опалювального періоду .....- *1,1 °С*;
- ✓ нормативна глибина промерзання ґрунту .....- *0,9 м*;

1.2 Вибір схеми теплопостачання

Система теплопостачання використовує воду з температурою 115-70°С, яка подається з котельні. Теплова мережа спроектована за тупиковою схемою. Система водяних теплових мереж складається з подавального (Т1) та зворотного (Т2) трубопроводів.

Компенсація температурних деформацій трубопроводів відбувається за допомогою поворотів траси.

Попередньо ізольовані трубопроводи складаються зі сталевої труби, пінополіуретанової ізоляції та поліетиленової оболонки, які функціонують як єдине ціле. Ця конструкція дозволяє трубам розширятися або стискатися зі зміною температури, забезпечуючи взаємодію з ґрунтом. Сила тертя між ґрунтом та оболонкою зменшує переміщення труб, зменшуючи температурне подовження. Це призводить до меншого переміщення труб у зв'язаній системі, ніж у вільно прокладених трубопроводах. Також, сила тертя викликає осьові напруження в сталевій трубі [3].

Розділ 2
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок теплових потоків

Для визначення теплових потоків на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання використовується методика, яка описана в навчальному посібнику [1].

Визначення теплового потоку на опалення будівель

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot \left(t_в - t'_o\right), Вт \qquad (2.1)$$

де:

$t_в$ – середня температура внутрішнього повітря будівлі, ºС. Для всіх приміщень даного масиву приймаємо *+20 ºС*.

t'_o – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, ºС. Для м. Київ t'_o*=-22ºС*

q_{on} – питома теплова характеристика на опалення, Вт/ (м^3· ºС). Визначається в залежності від призначення будівлі та її об'єму;

V_3 – об'єм будівлі за зовнішніми обмірами, м^3;

β_t – температурний коефіцієнт, який враховує різні кліматичні зони та використовується, коли розрахункова температура зовнішнього повітря відрізняється від *-30ºС*. При t'_o*= -22 ºС* приймаємо β_t*=1,134*.

a_i – коефіцієнт, який враховує витрату теплоти на підігрівання зовнішнього повітря, яке надходить в будівлю за рахунок інфільтрації через нещільності в огородженнях. Приймають рівним *1,05 – 1,1*.

Визначення теплового потоку на вентиляцію будівель

$$Q'_{v\max} = q_в \cdot V_3 \cdot \left(t_в - t'_o\right), Вт \qquad (2.2)$$

де:

$q_в$ – питома теплова характеристика будівлі на вентиляцію, Вт/ (м^3· ºС). Визначається в залежності від призначення будівлі та її об'єму.

Визначення середнього теплового навантаження на гаряче водопостачання для громадських будівель в опалювальний період

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6}, Вт \qquad (2.3)$$

де:

m – кількість мешканців (відвідувачів);

c – теплоємність води, приймається рівною, *c=4,187кДж/(кг·°С)*;

Q_T – розрахункові (питомі) середні за рік добові витрати води, л/доб на одиницю виміру, приймаємо *100 л/доб* для житлових будинків і *65 л/доб* для торгівельного центру;

1,2 – коефіцієнт, який враховує тепловтрати трубопроводів системи гарячого водопостачання;

t_h – температура гарячої води, пріймаємо *60°С.*

t_c – температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період, приймається рівною *5°С*.

Визначення середнього теплового навантаження на гаряче водопостачання для громадських будівель в неопалювальний період

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання:

$$Q_{h\max} = к_г \cdot Q_{hm}, Вт \qquad (2.4)$$

Коефіцієнт годинної нерівномірності приймають $к_г = 2,4$

Розрахунок

Теплове навантаження торгового центру:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_З \cdot (t_в - t'_o) = 1,05 \cdot 0,44 \cdot 1,134 \cdot 1554 \cdot (20 - (-22)) =$$
$$= 34194.4 \ Вт = 0.034 МВт$$

$$Q'_{v\max} = q_в \cdot V_З \cdot (t_в - t'_o) = 0.09 \cdot 1554 \cdot (20 - (-22)) = 5874 Вт = 0,0059 МВт$$

$$Q_{hm}=\frac{1,2\cdot m\cdot c\cdot Q_T\cdot\left(t_h-t_c\right)}{24\cdot 3,6}=\frac{1,2\cdot 35\cdot 4.187\cdot 65\cdot(60-5)}{24\cdot 3,6}=7276,37Bm=0,0072MBm$$

$$Q_{h\max}=\kappa_г\cdot Q_{hm}=2,4\cdot 7276.37=17463.28Bm=0,175MBm$$

Теплові навантаження житлового будинку №1/1:

$$Q'_{o\max}=a_i\cdot q_{on}\cdot\beta_t\cdot V_З\cdot\left(t_в-t'_o\right)=1,05\cdot 0,43\cdot 1,134\cdot 23833\cdot\left(20-\left(-22\right)\right)=$$
$$=512505.8\ Bm=0,513кBm$$

$$Q_{hm}=\frac{1,2\cdot m\cdot c\cdot Q_T\cdot\left(t_h-t_c\right)}{24\cdot 3,6}=\frac{1,2\cdot 378\cdot 4,187\cdot 100\cdot(60-5)}{24\cdot 3,6}=$$
$$=120899,6Bm=0,121MBm$$

$$Q_{h\max}=\kappa_г\cdot Q_{hm}=2,4\cdot 120899,6=290159,1\ Bm=0,29MBm$$

Теплові навантаження житлового будинку №1/2:

$$Q'_{o\max}=a_i\cdot q_{on}\cdot\beta_t\cdot V_З\cdot\left(t_в-t'_o\right)=1,05\cdot 0,42\cdot 1,134\cdot 30656\cdot\left(20-\left(-22\right)\right)=$$
$$=643897\ Bm=0,644MBm$$

$$Q_{hm}=\frac{1,2\cdot m\cdot c\cdot Q_T\cdot\left(t_h-t_c\right)}{24\cdot 3,6}=\frac{1,2\cdot 487\cdot 4,187\cdot 100\cdot(60-5)}{24\cdot 3,6}=$$
$$=155762,2Bm=0,156MBm$$

$$Q_{h\max}=\kappa_г\cdot Q_{hm}=2,4\cdot 155762,2=373829,3Bm=0,374MBm$$

Теплові навантаження житлового будинку №1/3:

$$Q'_{o\max}=a_i\cdot q_{on}\cdot\beta_t\cdot V_З\cdot\left(t_в-t'_o\right)=1,05\cdot 0,43\cdot 1,134\cdot 16139\cdot\left(20-\left(-22\right)\right)=$$
$$=347053.7\ Bm=0,347MBm$$

$$Q_{hm}=\frac{1,2\cdot m\cdot c\cdot Q_T\cdot\left(t_h-t_c\right)}{24\cdot 3,6}=\frac{1,2\cdot 256\cdot 4,187\cdot 100\cdot(60-5)}{24\cdot 3,6}=$$
$$=81879,1Bm=0,082MBm$$

$$Q_{h\max}=\kappa_г\cdot Q_{hm}=2,4\cdot 81879,1=196506,84Bm=0,197Bm$$

Теплові навантаження житлового будинку №:2/1

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_в - t'_o) = 1,05 \cdot 0,43 \cdot 1,134 \cdot 23833 \cdot (20 - (-22)) =$$
$$= 512505.8 Вт = 0,513 МВт$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 378 \cdot 4,187 \cdot 100 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} =$$
$$= 120899,6 Вт = 0,121 МВт$$

$$Q_{h\max} = к_г \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 120899,6 = 290159,1 Вт = 0,29 МВт$$

Теплові навантаження житлового будинку №:2/2

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_в - t'_o) = 1,05 \cdot 0,41 \cdot 1,134 \cdot 32099 \cdot (20 - (-22)) =$$
$$= 658153.21 Вт = 0,658 МВт$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 510 \cdot 4,187 \cdot 100 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} =$$
$$= 163118,5 Вт = 0,163 МВт$$

$$Q_{h\max} = к_г \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 163118,5 = 391484,5 Вт = 0,392 Вт$$

Теплові навантаження житлового будинку №:3

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_в - t'_o) = 1,05 \cdot 0,41 \cdot 1,134 \cdot 34659 \cdot (20 - (-22)) =$$
$$= 710643.07 Вт = 0,711 МВт$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 550 \cdot 4,187 \cdot 100 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} =$$
$$= 175912,15 Вт = 0,176 МВт$$

$$Q_{h\max} = к_г \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 175912,15 = 422189,16 Вт = 0,422 МВт$$

Теплове навантаження житлового будинку №4:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_в - t'_o) = 1,05 \cdot 0,41 \cdot 1,134 \cdot 36778 \cdot (20 - (-22)) =$$
$$= 754090,7 \ Вт = 0,754 \ МВт$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 530 \cdot 4,187 \cdot 100 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} =$$
$$= 169515,4 Вт = 0,17 \ МВт$$

$$Q_{h\max} = к_г \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 169515,4 = 406836,8 \ Вт = 0,407 \ МВт$$

Теплове навантаження житлового будинку №5:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_З \cdot \left(t_в - t'_o\right) = 1,05 \cdot 0,428 \cdot 1,134 \cdot 25823 \cdot \left(20 - \left(-22\right)\right) =$$
$$= 552716,1 \ Вт = 0,553 \ МВт$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot \left(t_h - t_c\right)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 380 \cdot 4,187 \cdot 100 \cdot (60-5)}{24 \cdot 3,6} =$$
$$= 122722,4 Вт = 0,123 \ МВт$$

$$Q_{h\max} = \kappa_г \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 122722,4 = 294533,8 \ Вт = 0,295 \ МВт$$

Теплове навантаження житлового будинку №6:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_З \cdot \left(t_в - t'_o\right) = 1,05 \cdot 0,4195 \cdot 1,134 \cdot 30248 \cdot \left(20 - \left(-22\right)\right) =$$
$$= 634571,1 \ Вт = 0,634 \ МВт$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot \left(t_h - t_c\right)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 450 \cdot 4,187 \cdot 100 \cdot (60-5)}{24 \cdot 3,6} =$$
$$= 144018,4 \ Вт = 0,144 \ МВт$$

$$Q_{h\max} = \kappa_г \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 144018,4 = 345644,1 \ Вт = 0,346 \ МВт$$

Теплове навантаження житлового будинку №7:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_З \cdot \left(t_в - t'_o\right) = 1,05 \cdot 0,43 \cdot 1,134 \cdot 22597 \cdot \left(20 - \left(-22\right)\right) =$$
$$= 485926,8 \ Вт = 0,486 \ МВт$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot \left(t_h - t_c\right)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 330 \cdot 4,187 \cdot 100 \cdot (60-5)}{24 \cdot 3,6} =$$
$$= \ 104675 Вт = 0,105 \ МВт$$

$$Q_{h\max} = \kappa_г \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 104675 = 251220 \ Вт = 0,251 \ МВт$$

Сумарне теплове навантаження:

- ✓ на опалення .....5,847 МВт
- ✓ на вентиляцію .....0,0059 МВт
- ✓ на гаряче водопостачання середнє .....1,368 МВт
- ✓ на гаряче водопостачання максимальне .....3,439 МВт

Результати розрахунку кожного з будинків заносимо в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 - Значення розрахункових теплових потоків

№№	Теплові потоки, МВт					
	$Q^{/}_{o\,\max}$	Q_v	Q_{hm}	$Q^{/}_{h\,\max}$	$Q_{\Sigma m}$	$Q_{\Sigma\,\max}$
1. Торговий центр	0,034	0,0059	0,0072	0,175	0,0471	0,215
2. Житловий будинок №1/1	0,513		0,121	0,29	0,634	0,803
3. Житловий будинок №1/2	0,644		0,156	0,374	0,800	1,018
4. Житловий будинок №1/3	0,347		0,082	0,197	0,429	0,544
5. Житловий будинок №2/1	0,513		0,121	0,29	0,634	0,803
6. Житловий будинок №2/2	0,658		0,163	0,392	0,821	1,05
7. Житловий будинок №3	0,711		0,176	0,422	0,887	1,133
8. Житловий будинок №4	0,754		0,17	0,407	0,924	1,161
9. Житловий будинок №5	0,553		0,123	0,295	0,676	0,848
10. Житловий будинок №6	0,634		0,144	0,346	0,778	0,98
11. Житловий будинок №7	0,486		0,105	0,251	0,591	0,737
Всього по житловому комплексу	5,847	0,0059	1,368	3,439	7,221	9,292

2.2 Теплові потоки протягом опалювального періоду

Для будь якої температури зовнішнього повітря $t_н$ в діапазоні від $t_о$ до $t_{нк}$ теплові потоки на опалення дорівнюють [1]:

$$Q_o(t_н) = Q'_{o\max}\overline{Q}_o = Q'_{o\max}\frac{t_i - t_н}{t_i - t'_o}, \qquad (2.5)$$

де:

t_i – температура внутрішнього повітря, дорівнює 20^oC;

t'_o – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, ^oC. Для м. Київ приймається -22^oC.

$$Q_o(-10) = 5,847 \cdot \frac{20-(-10)}{20-(-22)} = 5,847 \cdot 0,71 = 4,15 MBm$$

Теплові потоки на гаряче водопостачання (середній і максимальний) залишаються постійними протягом опалювального періоду.

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання в неопалювальний період, МВт :

$$Q^S_{hm} = Q'_{hm}\frac{t_h - t^S_c}{t_h - t_c}\beta, \qquad (2.6)$$

де:

t_c, t^s_c – відповідно температури водопровідної води, які дорівнюють в опалювальний період $+5^oC$, а в неопалювальний період $+15^oC$;

t_h - температура гарячої води в системі гарячого водопостачання, дорівнює 60^oC;

β – коефіцієнт, враховуючий зміну середньої витрати гарячої води в неопалювальний період порівнюючи з опалювальним періодом; для житлово-комунального сектора $\beta=0,8$.

$$Q^S_{hm} = 1,368 \cdot \frac{60-15}{60-5} \cdot 0,8 = 0,8954$$

$$Q^S_{h\max} = 3,439 \cdot \frac{60-15}{60-5} \cdot 0,8 = 2,25$$

На основі результатів розрахунків формується таблиця 2.2, яка відображає зміну теплових потоків залежно від температури зовнішнього повітря. Ці дані використовуються для побудови відповідних графіків.

Таблиця 2.2 - Розрахунок теплових потоків

Температура	$t`_o$= -22°C	$t_н$= -10°C	$t_н$= 0°C	+8°C	Літо
Відносний тепловий потік, $\overline{Q}_0$ МВт	1	0,71	0,476	0,29	-----
Витрата теплоти на опалення , Q_o МВт	5,847	4,15	2,783	1,696	-----
Витрата теплоти на вентиляцію, Q_v МВт	0.0059	0.0042	0.0028	0.0017	-----
Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання, Q_{hm} МВт	1,368	1,368	1,368	1,368	0,8954
Макс. витрата теплоти на гаряче водопостачання, Q_{hmax} МВт	3,439	3,439	3,439	3,439	2,25
Середня сумарна витрата теплоти $\Sigma Q_m = Q_o + Q_v + Q_{hm}$ МВт	7,221	5,522	4,154	3,066	-----
Максимальна сумарна витрата теплоти $\Sigma Q_{max} = Q_o + Q_v + Q_{hmax}$ МВт	9,292	7,593	6,225	5,137	-----

2.3 Річні витрати теплоти

Річні витрати теплоти на опалення [4] , *ГДж* :

$$Q_o^p = k \cdot n_o \cdot Q'_{o\max} \cdot \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t'_o}, \qquad (2.7)$$

де:

t_i – розрахункова температура внутрішнього повітря, ^oC;

t_{om} – середня температура опалювального періоду, ^oC;

n_o – тривалість опалювального періоду, *год*;

k – коефіцієнт переводу одиниць;

$$Q_o^p = 3,6 \cdot 4488 \cdot 5,847 \cdot \frac{20 - (-1,1)}{20 - (-22)} = 47459,33\,ГДж$$

Річні витрати теплоти на вентиляцію [4]:

$$Q_v^p = k \cdot n_o \cdot Z/24 \cdot Q'_{v\max} \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t'_o}, \qquad (2.8)$$

де:

Z – тривалість роботи систем вентиляції на добу, *год*. Приймаємо *Z=16 год*.

$$Q_v^p = 3,6 \cdot 4488 \cdot 0,67 \cdot 0,0059 \cdot \frac{20 - (-1,1)}{20 - (-22)} = 32,09\,ГДж$$

Річні витрати теплоти на гаряче водопостачання [4]:

$$Q_{hm}^p = k\left(Q_{hm}^{/} \cdot n_o + Q_{hm}^s \cdot (8400 - n_o)\right) \qquad (2.9)$$

де *8400* – кількість годин роботи системи теплопостачання за рік.

$$Q_{hm}^p = 3,6 \cdot \left(1,368 \cdot 4488 + 0,8954 \cdot (8400 - 4488)\right) = 34712,6\,ГДж$$

Сумарна річна витрата теплоти:

$$Q_\Sigma^p = Q_o^p + Q_v^p + Q_{hm}^p = 47459,33 + 32,09 + 34712,6 = 82204,02\,ГДж$$

2.4 Регулювання теплових потоків

Центральне якісне регулювання теплових потоків по навантаженню на опалення

Розрахунок проводимо за методикою [4].

Температура мережної води при температурі зовнішнього повітря $t_н$:

в подавальному трубопроводі :

$$\tau_{10}(t_н) = t_i + (\tau'_{пр} - t_i)\overline{Q}_o^{0,8} + (\tau'_{10} - \tau'_{пр})\overline{Q}_o; \quad (2.10)$$

після системи опалення:

$$\tau_{20}(t_н) = t_i + (\tau'_{пр} - t_i)\overline{Q}_o^{0,8} - (\tau'_{пр} - \tau'_{20})\overline{Q}_o; \quad (2.11)$$

перед системою опалення:

$$\tau_{3}(t_н) = t_i + (\tau'_{пр} - t_i)\overline{Q}_o^{0,8} + (\tau'_{3} - \tau'_{пр})\overline{Q}_o; \quad (2.12)$$

де

τ'1,0 - температура мережної води в подаючому трубопроводі перед елеватором або змішуючим насосом, яка залежить від розрахункової температури зовнішнього повітря на опалення t'o, 115^oC;

$\tau'_{пр}$ – розрахункова середня температура опалювального пристрою, °С;

$$\tau'_{пр} = 0,5\left(\tau'_3 + \tau'_{2,0}\right) \quad (2.13)$$

$\tau'_з$ – температура води після елеватора або змішуючого насосу системи опалення, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення (приймається *95°C*)

$$\tau'_{пр} = 0,5\left(\tau'_3 + \tau'_{20}\right) = 0,5\left(95 + 70\right) = 82,5\ ^oC$$

τ'2,0 - температура мережної води в зворотному трубопроводі після системи опалення, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення t'o, 70^oC;

Знайдемо постійні коефіцієнти при значеннях аргументів (відносних теплових потоках) в рівняннях температурних графіків якісного регулювання:

$$\left(\tau'_{пр} - t_i\right) = 82,5 - 20 = 62,5^o C$$

$$\left(\tau'_{1,0} - \tau'_{пр}\right) = 115 - 82,5 = 32,5^o C$$

$$\left(\tau'_{пр} - \tau'_{2,0}\right) = 82,5 - 70 = 12,5^o C$$

$$\left(\tau'_{з} - \tau'_{пр}\right) = 95 - 82,5 = 12,5^o C$$

$\overline{Q}_o$ - відносний тепловий потік:

$$\overline{Q}_o = \frac{t_i - t_н}{t_i - t_o^{/}} = \frac{(20 - (-10))}{(20 - (-22))} = 0,71 \ ;$$

$$\tau_{1,0}(-10) = 20 + (82,5 - 20)\cdot 0,71^{0,8} + (115 - 82,5)\cdot 0,71 = 90,6^o C \succ 70^0 C;$$

$$\tau_{2,0}(-10) = 20 + (82,5 - 20)\cdot 0,71^{0,8} - (82,5 - 70)\cdot 0,71 = 58,6^o C;$$

$$\tau_{3}(-10) = 20 + (82,5 - 20)\cdot 0,71^{0,8} + (95 - 82,5)\cdot 0,71 = 76,4^o C;$$

Для побудови температурного графіка перераховуємо температуру мережної води при $t_н = +8°C$:

$$\tau_{1,0}(+8) = 20 + (82,5 - 20)\cdot 0,29^{0,8} + (115 - 82,5)\cdot 0,29 = 52.6^o C \prec 70^o C;$$

$$\tau_{2,0}(+8) = 20 + (82,5 - 20)\cdot 0,29^{0,8} - (82,5 - 70)\cdot 0,29 = 39,6\ ^o C;$$

$$\tau_{3}(+8) = 20 + (82,5 - 20)\cdot 0,29^{0,8} + (95 - 82,5)\cdot 0,29 = 46,8\ ^o C;$$

Оскільки, $\tau_{1,0}(+8) < 70°C$, то слід визначити ту температуру зовнішнього повітря, при якій якісне регулювання роботи системи теплопостачання є неможливим (температуру зрізки температурного графіка). Потрібно буде побудувати температурний графік для визначення температури зрізу, оскільки без цього визначення точного значення буде неможливим.

Витрата мережної води на опалення, кг/с:

$$G_0(t_H) = \frac{Q_O(t_H)10^3}{c(\tau_{10}(t_H) - \tau_{20}(t_H))}; \qquad (2.14)$$

$$G_0(-22) = \frac{5,847\cdot 10^3}{4,187\cdot(115 - 70)} = 31,03 \ \ кг/с;$$

$$G_0(-10) = \frac{4,15\cdot 10^3}{4,187\cdot(90,6 - 58,6)} = 31,03 \ \ кг/с;$$

Отримані результати внесені у таблицю 2.3, і на їх основі будується графік залежності температур і витрат мережної води на опалення від зовнішньої температури. Після цього за допомогою графіка температур визначається температура зрізу температурного графіка.

Таблиця 2.3 - Результати розрахунку графіка регулювання теплових потоків на опалення

Позначення	Од. вим.	Температура і витрата мережної води при			
		t'_0=-22°C	$t_н$=-10°C	$t_н$= t''_0=0°C	$t_{нк}$=+8°C
$\overline{Q}$		1	0,71	0,476	0,29
Q_o	МВт	5,847	4,15	2,783	1,696
$\tau_{1,0}$	°C	115	90,6	70	70
$\tau_{2,0}$	°C	70	58,6	48,57	48,57
$\tau_з$	°C	95	76,4	60,48	60,48
G_o	кг/с	31,03	31,03	31,02	18,9

Визначаємо питомий тепловий потік при температурі злому графіку:

$$\overline{Q_0} = \frac{t_i - t''_н}{t_i - t_0} = \frac{20-0}{20-(-22)} = 0,476;$$

$$\tau_{10}(0) = 20 + (82,5-20)\cdot 0,476^{0,8} + (115-82,5)\cdot 0,476 = 70^o C$$

Звідси визначаємо витрату витрату теплоносія на опалення після злому температурного графіку:

$$G_0(0) = \frac{2,783\cdot 10^3}{4,187\cdot(70-48,57)} = 31,02 \ \ кг/с;$$

$$G_0(+8) = \frac{1,696\cdot 10^3}{4,187\cdot(70-48,57)} = 18,9 \ \ кг/с.$$

Регулювання теплових потоків на гаряче водопостачання

За допомогою графіка визначається температура $t''н$ точці злому температурного графіка, що відповідає температурі зрізу. Це значення становить 0°C.

У закритій системі теплопостачання в більшості випадків підігрівачі гарячого водопостачання підключають за двоступінчастою змішаною схемою.

Задача розрахунку полягає у визначенні витрати мережної води, яка пройде через другий ступінь підігрівача гарячого водопостачання, а також у визначенні температури води після кожного зі ступенів. [4].

Витрату води на гаряче водопостачання, кг/с, визначаємо за формулою [4]:

$$G_{hm} = \frac{Q_{hm}}{c \cdot \left(\tau''_{1,0} - \tau''_{2,0}\right)} \cdot \frac{t_h - t'}{t_h - t_c}; \qquad (2.15)$$

де t' - температура водопровідної води після першого ступеню підігрівача, $t' = \tau_{2,0} - (5 \div 10)$ °С; t_h - температура гарячої води в системі гарячого водопостачання, приймаємо 60°С.

Після проведення розрахунків формуємо графік, який відображає залежність витрат мережної води на другий ступінь підігрівача системи гарячого водопостачання від температури зовнішнього повітря. Отримані результати заносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Результати розрахунку графіка регулювання теплових потоків на опалення

Позначення	Одиниця вимірювання	Температура і витрата мережної води при:			
		t'_0=-22°С	$t_н$=-10°С	$t_н$= t''_0=0°С	$t_{нк}$=+8°С
Q_{hm}	МВт	1,368	1,368	1,368	1,368
$\tau_{2,0}$	°С	70	58,6	48,57	48,57
t'	°С	60	48,6	38,57	38,57
G_{hm}	кг/с	0	3,16	5,91	5,91

Центральне якісне регулювання теплових потоків на вентиляцію

Проводимо розрахунки згідно з методикою [4].

Мета розрахунку полягає у визначенні обсягу мережної води для вентиляції та температур після калориферу. У випадку зрізу температурного графіка ми визначаємо два різні діапазони.

1) Діапазон температур зовнішнього повітря менших ніж $t_н''$.

При коливаннях температури мережної води в подаючому трубопроводі та тепловому потоці на вентиляцію, температуру мережної води після калориферів визначається згідно з відповідною формулою:

$$\tau_{2,B} = \tau_1 - \left(\tau^I_{1,0} - \tau^I_{2,0}\right) \cdot \frac{\left(t_i - t_H\right)}{\left(t_i - t^I_0\right)} \qquad (2.16)$$

Температуру мережної води в подаючому трубопроводі вважають рівною температурі, яка налаштовується при регулюванні навантаження опалення:

$$\tau_1 = \tau_{1,0}$$

2) Діапазон зрізки температурного графіка.

При сталій температурі мережної води перед калорифером та змінному тепловому потоці на вентиляцію, температуру мережної води після калорифера визначаємо за допомогою відповідної формули [6]:

$$\frac{\left(\tau_1^{''} + \tau_{2,B}\right) - \left(t_H + t_i\right) \cdot \left(\tau_1^{''} - \tau_{2,B}^{''}\right)^{0,15}}{\left(\tau_1^{''} + \tau_{2,B}^{''}\right) - \left(t_н^{''} + t_i\right) \cdot \left(\tau_1^{''} + \tau_{2,B}\right)^{0,15}} = \frac{\left(t_i - t_H\right)^{0,85}}{\left(t_i - t_н^{''}\right)^{0,85}} \qquad (2.17)$$

Витрату мережної води на вентиляцію для першого та другого діапазонів, визначаємо за формулою:

$$G_V\left(t_H\right) = \frac{Q_V\left(t_H\right)}{c \cdot \left(\tau_1\left(t_H\right) - \tau_{2,B}\left(t_H\right)\right)} \qquad (2.18)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 3.3.

Таблиця 2.5 - Результати розрахунку регулювання теплових потоків на вентиляцію

Позначення	Од. вим.	Температура і витрата мережної води при			
		t'_0=-22°С	$t_н$=-10°С	$t_н$= t''_0=0°С	$t_{нк}$=+8°С
$\overline{Q}$		1	0,71	0,476	0,29
$Q_в$	МВт	0.0059	0.0042	0.0028	0.0017
$\tau_{1.0}$	°С	115	90,6	70	70
$\tau_{2,0}$	°С	70	58,6	48,57	48,57
$\tau_{2,в}$	°С	70	58.46	48.57	28.6
$G_в$	кг/с	0.031	0.031	0.031	0.01

2.5 Розрахунок витрат теплоносія

Формули для розрахунку витрат теплоносія відрізняються залежно від типу теплового навантаження і визначаються відповідними математичними виразами [4]:

а) витрата теплоносія на опалення:

$$G_{o\max} = \frac{Q_{o\max}}{c\left(\tau^{/}_{1,0} - \tau^{/}_{2,0}\right)} \qquad (2.19)$$

б) витрата теплоносія на вентиляцію:

$$G_{V\max} = \frac{Q_{V\max}}{c \cdot \left(\tau^{I}_{1,0} - \tau^{I}_{2,0}\right)} \qquad (2.20)$$

г) на гаряче водопостачання в закритих системах теплопостачання:

середня при змішаній схемі приєднання підігрівачів

$$G_{hm} = \frac{Q_{hm}}{c\left(\tau^{"}_{1,0} - \tau^{"}_{2,0}\right)} \cdot \left(\frac{t_h - t'}{t_h - t_c} + 0,2\right); \qquad (2.21)$$

ґ) максимальна при змішаній схемі приєднання підігрівачів:

$$G_{h\max} = \frac{0,55 Q_{h\max}}{c\left(\tau^{"}_{10} - \tau^{"}_{20}\right)}; \qquad (2.22)$$

Сумарні розрахункові витрати мережної води в двотрубних теплових мережах для відкритих і закритих систем теплопостачання, що працюють на якісному регулюванні, підлягають визначенню відповідно до заданих умов, *кг/с*:

$$G_d = G_{O\max} + G_{v\max} + G_{h\max}. \qquad (2.23)$$

Витрату теплоносія визначають для кожного будинку, а результат заносять до таблиці 4.1.

Розрахункова витрата води в двохтрубних водяних теплових мережах в неопалювальний період, кг/с:

$$G_d^S = \beta \cdot G_{hmax} = 0,8 \cdot G_{h\max}; \qquad (2.24)$$

де β - коефіцієнт, що приймається для житлово-комунального сектора *0,8*;

Таблиця 2.6 - Розрахункові витрати теплоносія

№	Витрата теплоносія, /год					
	$G`_{o\,max}$	$G`_{v\,max}$	$G`_{hm}$	$G`_{hmax}$	G_d	G_d^s
1	2	3	5	6	8	9
Торговий центр	0,180	0,031	0,047	1,073	1,284	0,858
№1/1	2,723	-	0,795	1,778	4,500	1,422
№1/2	3,418	-	1,025	2,292	5,710	1,834
№1/3	1,842	-	0,539	1,208	3,049	0,966
№2/1	2,723	-	0,795	1,778	4,500	1,422
№2/2	3,492	-	1,071	2,403	5,895	1,922
№3	3,774	-	1,157	2,587	6,360	2,069
№4	4,00	-	1,12	2,49	6,49	1,99
№5	2,93	-	0,81	1,81	4,74	1,45
№6	3,36	-	0,95	2,12	5,48	1,70
№7	2,58	-	0,69	1,54	4,12	1,23
Всього	31,022	0,031	8,999	21,079	52,128	16,863

2.6 Гідравлічний розрахунок

Основні задачі і розрахункові залежності

При проектуванні теплових мереж основною метою гідравлічного розрахунку є визначення оптимальних діаметрів трубопроводів, які дозволяють транспортувати теплоносій з мінімальними витратами [1].

На основі гідравлічного розрахунку розробляються гідравлічні режими системи теплопостачання, визначаються характеристики насосів, умови роботи джерел теплоти та абонентських вводів, оцінюється металоємність та основні капіталовкладення. Також здійснюється підбір авторегуляторів, дросельних пристроїв та обладнання для теплових пунктів, а також розробляються режими експлуатації систем теплопостачання [5].

Під час транспортування теплоносія через трубопровід, втрати тиску виникають через тертя вздовж довжини трубопроводу ΔP_T , а також через опір у місцевих елементах ΔP_M [1] :

$$\Delta P = \Delta P_{\text{т}} + \Delta P_{\text{м}}, \qquad (2.25)$$

Втрати тиску на тертя, *Па*, по довжині трубопроводу визначають за формулою [1] :

$$\Delta P_{\text{т}} = R\ell, \qquad (2.26)$$

де R – питомі втрати тиску по довжині, *Па/м*; l – геометрична довжина ділянки трубопроводу, *м*.

Втрати тиску в місцевих опорах можуть бути представлені як еквівалентні втрати тиску через тертя по довжині трубопроводу на відповідній ділянці. Ці еквівалентні втрати враховуються як втрати тиску в місцевих опорах. Еквівалентну довжину місцевих опорів l_e визначають як суму довжин всіх місцевих опорів, розташованих на цій ділянці. Значення l_e обчислюють за відповідною формулою [1]:

$$l_e = A_l \cdot \Sigma\xi \cdot d^{1,25} \qquad (2.27)$$

де:

$\Sigma\xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів, встановлених на ділянці;

ξ – безрозмірна величина, що залежить від характеру опору;

A_l – коефіцієнт, що залежить від типу теплоносія та абсолютної еквівалентної шорсткості трубопроводу, $м^{-0,25}$. Для теплоносія води та металевих труб $A_l=60,7\ м^{-0,25}$.

Так втрати тиску в місцевих опорах визначають за формулою [1] :

$$\Delta P_{\text{м}} = R\ell_e, \qquad (2.28)$$

Таким чином гідравлічний аналіз трубопроводів у системі теплопостачання здійснюється шляхом використання методу еквівалентної довжини. Цей підхід дозволяє визначити загальні втрати тиску на певній ділянці за допомогою формули [1]:

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M = R \cdot l_{пр} \ , \qquad (2.29)$$

де R – питомі втрати тиску по довжині, $Па/м$, $l_{пр}$ – приведена довжина ділянки трубопроводу, $м$.

Питомі втрати тиску через тертя визначаються з урахуванням техніко-економічних оцінок. У випадку відсутності таких даних, ми приймаємо їх у певних межах:

- для магістралі - 40-80 Па/м;
- швидкість теплоносія не повинна перевищувати - 3,5м/с.

$$l_{пр} = l + l_e \qquad (2.30)$$

Сумарні втрати тиску у магістралі або відгалуженні $\Sigma\Delta P$, обчислюються як загальна сума втрат тиску на всіх ділянках, які послідовно з'єднані, відповідно за формулою [1] :

$$\sum \Delta P = \sum \left(R\ell_{\text{пр}} \right). \qquad (2.31)$$

Розрахунок відгалужень виконується на основі наявного тиску $\Delta P_н$, який визначається з умови, коли втрати тиску відгалуження рівні втратам тиску в магістралі на точці з'єднання відгалуження за формулою [1] :

$$\Delta P_н = \sum R\ell_{\text{пр}}. \qquad (2.32)$$

Результати гідравлічного аналізу заносяться до таблиці 2.7 та подальше їх використання передбачає створення графіків тиску у системі теплової мережі. Прийнятність гідравлічного розрахунку вважається тоді, коли втрати тиску від джерела тепла до кінцевих споживачів головної магістралі та її відгалужень не відрізняються більш як на 10%. Гідравлічний аналіз для періоду без опалення охоплює визначення швидкості руху теплоносія та втрат тиску при заданих діаметрах теплових мереж, які використовувалися для розрахунку опалювального режиму. [1].

Гідравлічний розрахунок водяних теплових мереж

При проектуванні маршруту теплових мереж від джерела тепла до кінцевих користувачів ключове значення мають кілька принципів. По-перше, необхідно мінімізувати загальну довжину мережі та витрати на будівництво та експлуатацію. Також важлива надійність системи, що передбачає обирання шляхів, які забезпечать надійне постачання тепла споживачам. Крім того, важливо враховувати взаємозв'язок із наявними інженерними комунікаціями та планами майбутньої забудови для уникнення конфліктів та забезпечення зручного підключення до існуючих мереж і майбутніх розвитків у цьому районі [1].

Таблиця 2.7 - Результати гідравлічного розрахунку теплових мереж

Опалювальний період										
№ ділянки	Витр. G, кг/с	D*s, мм	Геом. довж. $l_г$, м	Екв. довж. $l_е$, м	Прив. довж. $l_{пр}$, м	V, м/с	R, Па/м	$\Delta P_д$, кПа	Втрат. нап. $\Delta P_{д.сум}$, м	Сум. втрат. нап. $\sum\Delta P$
Магістраль										
1-2	52,128	273x5	119,8	35,94	155,7	0,96	42	6,541	0,667	0,667
2-3	31,298	219x5	130,8	39,24	170	0,91	51,2	8,706	0,887	1,554
3-4	30,014	219x5	77,2	23,16	100,4	0,87	46,9	4,707	0,48	2,034
4-5	19,619	159x5	98,3	29,49	127,8	1,13	119	15,21	1,55	3,584
5-6	9,409	133x4	105,6	31,68	137,3	0,77	77,1	10,58	1,079	4,663
6-7	3,049	89x3	76,2	22,86	99,06	0,57	62,1	6,152	0,627	5,290
Відгалудження										
3-8	1,284	57x3	34	10,2	44,2	0,63	142	6,276	0,64	
4-9	4,500	89x3	31,4	9,42	40,82	0,85	137	5,592	0,57	
4-10	5,895	108x3,5	69,8	20,94	90,74	0,73	83,4	7,568	0,771	
5-11	4,500	89x3	25,3	7,59	32,89	0,85	137	4,506	0,459	
5-12	5,710	108x3,5	84	25,2	109,2	0,72	80,3	8,769	0,894	
6-13	6,360	108x3,5	36,2	10,86	47,06	0,78	94,3	4,438	0,452	
2-14	20,83	159x5	82,4	24,72	107,1	1,2	126	13,5	1,376	
14-15	5,48	108x3,5	25,1	7,53	32,63	0,69	73,7	2,405	0,245	
14-16	6,49	108x3,5	45,3	13,59	58,89	1,2	87,8	5,171	0,527	
14-17	4,74	108x3,5	137,3	41,19	178,5	0,6	56,1	10,01	1,021	
14-18	4,12	108x3,5	124,2	37,26	161,5	0,52	43	6,943	0,708	

Продовження таблиці 2.7

Неопалювальний період										
№ ділянки	Витр. G, кг/с	D*s, мм	Геом. довж. $l_г$, м	Екв. довж. $l_е$, м	Прив. довж. $l_{пр}$, м	V, м/с	R, Па/м	$\Delta P_д$, кПа	Втрат. нап. $\Delta P_{д.сум}$, м	Сум. втрат. нап. $\sum\Delta P$
Магістраль										
1-2	16,863	273x5	119,8	35,94	155,7	0,3	4,4	0,685	0,07	0,070
2-3	10,493	219x5	130,8	39,24	170	0,21	5,75	0,978	0,1	0,170
3-4	9,635	219x5	77,2	23,16	100,4	0,2	4,8	0,482	0,049	0,219
4-5	6,291	159x5	98,3	29,49	127,8	0,41	12,3	1,572	0,16	0,379
5-6	3,035	133x4	105,6	31,68	137,3	0,29	8,1	1,112	0,113	0,492
6-7	0,966	89x3	76,2	22,86	99,06	0,21	7,1	0,703	0,072	0,564
Відгалудження										
3-8	0,858	57x3	34	10,2	44,2	0,16	5,3	0,234	0,024	
4-9	1,422	89x3	31,4	9,42	40,82	0,27	14,4	0,588	0,06	
4-10	1,922	108x3,5	69,8	20,94	90,74	0,24	9,5	0,862	0,088	
5-11	1,422	89x3	25,3	7,59	32,89	0,27	14,4	0,474	0,048	
5-12	1,834	108x3,5	84	25,2	109,2	0,22	9,1	0,994	0,101	
6-13	2,069	108x3,5	36,2	10,86	47,06	0,25	9,7	0,456	0,047	
2-14	6,37	159x5	82,4	24,72	107,1	0,31	2,2	0,236	0,024	
14-15	1,70	108x3,5	25,1	7,53	32,63	0,25	7,1	0,232	0,024	
14-16	1,99	108x3,5	45,3	13,59	58,89	0,56	9,7	0,571	0,058	
14-17	1,45	108x3,5	137,3	41,19	178,5	0,21	5,3	0,946	0,096	
14-18	1,23	108x3,5	124,2	37,26	161,5	0,18	3,8	0,614	0,063	

2.7 Розробка монтажної схеми теплової мережі

Розробка монтажної схеми теплової мережі включає в себе детальне планування розміщення різноманітних елементів в залежності від обраної траси та локації трубопроводів. Ця процедура передбачає розташування нерухомих опор, компенсаторів, камер і запірної арматури вздовж маршруту.

На монтажній схемі подавальний трубопровід зазвичай розташовується праворуч у напрямку руху теплоносія від джерела тепла, тоді як зворотний трубопровід розміщується ліворуч.

Усі природні повороти траси мережі, що мають кут менше 120 градусів, слід використовувати для вирішення питання температурних розширень трубопроводів шляхом їх автокомпенсації.

- У монтажній схемі необхідно встановлювати запірну арматуру на всіх відгалуженнях від магістралі та на відгалуженнях, що ведуть до споживачів. При розробці монтажної схеми слід керуватися такими правилами: трубопроводи позначаються як подаючий (Т1) та зворотний (Т2).
- подаючий трубопровід розміщується в напрямку руху теплоносія від джерела тепла;
- на схемі вказуються номери теплофікаційних камер;
- на всіх ділянках траси вказуються діаметри подаючого та зворотного трубопроводів з урахуванням товщини стінки і довжини ділянок.

Вимоги до встановлення запірної арматури [6] :

1. Запірну арматуру встановлюють на всіх відгалуженнях, що приєднуються до магістралі.
2. В найнижчих точках теплової мережі слід встановлювати спускні крани і дренажні колодязі.
3. У найвищих точках трубопроводу слід встановлювати повітряні пристрої для видалення повітря.
4. На трубопроводах з діаметром більше 500 мм арматура повинна мати електричний привід.

2.8 П’єзометричний графік теплової мережі

Графік тисків використовується для аналізу тисків у тепловій мережі та приймальних установках, його побудова ґрунтується на даних гідравлічного розрахунку. Він ілюструє допустимі межі тисків та їх фактичні значення у всіх елементах системи, дозволяючи визначити технічні характеристики обладнання для забезпечення нормальних тисків у трубопроводах та елементах мережі з урахуванням рельєфу місцевості. Графік тисків розробляють для статичного та динамічного режимів роботи мережі [1].

Повинні виконуватись наступні умови [1]:

1. Тиск у вводах абонентів, що приєднані за залежною схемою, має бути у межах допустимих значень для опалювального обладнання: 0,6 МПа для систем з чавунними радіаторами та 1 МПа для систем з конвекторами.
2. Максимальний тиск у подавальному трубопроводі, враховуючи рельєф місцевості, не повинен перевищувати 1,6 МПа.
3. Тиск у подавальному трубопроводі під час динамічного режиму теплової мережі має бути настільки високим, щоб уникнути будь-яких випадків кипіння води при її максимальній температурі в будь-якій точці подавального трубопроводу, в устаткуванні джерела теплоти та в приладах абонентів, які підключені за залежною схемою.
4. Під час будь-яких режимів теплового використання необхідно забезпечувати достатній надлишковий тиск у будь-якій точці зворотного трубопроводу, який не повинен бути менше 0,05 МПа, щоб уникнути проблем, таких як підсмоктування повітря, спорожнення трубопроводів і порушення циркуляції.
5. Для уникнення кавітації необхідно забезпечити, щоб тиск на всмоктувальному патрубку мережних та підкачувальних насосів був не менше 0,05 МПа.

6. У вузлах з'єднання споживачів, де використовується елеваторне змішування, необхідно мати тиск на абонентському вводі (тобто різницю тисків в подаючому і зворотному трубопроводах) не менше 0,15 МПа. У випадку, коли маємо підігрівачі гарячого водопостачання, які підключені за двоступінчастою схемою, важливо зберігати тиск на рівні між 0,2 та 0,25 МПа.
7. Статичний тиск у системі теплопостачання має залишатися в межах припустимого рівня для всіх її складових, щоб гарантувати належне заповнення водою абонентських систем, які підключені за залежною схемою.

У масштабі креслення відображають профіль землі від джерела теплопостачання до останнього споживача магістралі та відгалужень. На цьому профілі позначають будівлі у вузлових, найнижчих та найвищих точках траси. При створенні п'єзометричних графіків припускають, що осі трубопроводів збігаються з поверхнею землі. На цьому профілі також схематично відображають план теплової мережі. Також малюють лінію холодної статики, яка розташована на 5 м вище за найвищою будівлею, щоб забезпечити заповнення систем опалення водою. За даними гідравлічного розрахунку малюють лінію тисків у зворотному трубопроводі. На кінці цієї лінії відзначають відрізок, який відповідає поточному тиску на абонентському вводі останнього споживача згідно з пунктом 6. Подібно до цього будують лінію тисків у подавальному трубопроводі. П'єзометричні графіки відгалужень створюються таким чином, щоб втрати напору від джерела теплопостачання до кінцевих споживачів головної магістралі та відгалужень були приблизно однаковими за значенням. Це може вимагати коригування раніше отриманих діаметрів труб відгалужень. На графіку вказують також тиски мережних та живильних насосів. Тиск мережних насосів відображається як відстань від лінії тиску у зворотному п'єзометрі до лінії тиску у подавальному п'єзометрі, включаючи втрати тиску від джерела теплопостачання до лінії статичного тиску [1].

2.9 Побудова поздовжніх профілів теплових мереж

Профілі теплових мереж зображують у вигляді розгорнень по осям трас.

На профілі вказують:

1) поверхню землі проектну та натурну;

2) рівень ґрунтових вод;

3) перетнуті підземні і надземні комунікації і споруди, що впливають на прокладання запроектованих мереж;

4) канали, тунелі, камери, естакади та інші споруди і конструкції мереж. Трубопроводи в каналах, тунелях. камерах та нішах не зображуються;

5) нерухомі опори

Під профілем розташовують таблицю встановленого формату для підземного прокладання. Висотні позначки мереж вказуються у важливих точках, місцях перетину з дорогами, інженерними комунікаціями та іншими спорудами, що впливають на трасування запроектованих мереж .

Висотні позначки та довжини сегментів мереж зазначаються в метрах з точністю до двох десяткових знаків, а ухили виражаються в промілях.

2.10 Розробка джерела теплоти

Проектом передбачається спорудження окремої котельні для забезпечення теплопостачання житлових будівель.

В котельні встановлено один газовий котел КСВа 1,5 МВт та чотири КСВа 2,0. МВт

Котельня підключається до теплових мереж за двотрубною системою з температурним графіком 115 – 70 °С. Режим роботи котельні — цілорічний, в літній період вона функціонує для забезпечення теплоносієм систем гарячого водопостачання (ГВП). Котельня працює в автоматичному режимі без постійного обслуговуючого персоналу.

Для забезпечення циркуляції теплоносія в мережі, проектом передбачено встановлення мережних насосів Grundfos NB 65-50-160/162.

Відповідно до теплової схеми котельні, заплановано встановлення системи підживлення хімічно очищеною водою.

Для відведення димових газів встановлюються металеві димові труби. Відпрацьовані гази, які утворюються в процесі роботи газових котлів, спочатку проходять через металеві газоходи, а потім викидаються в атмосферу через димові труби діаметром 0,3 м і висотою 17,5 м.

На кожному газоході котла встановлені вибухові клапани [7].

2.10.1 Тепловий розрахунок

Об'єм і маса повітря і продуктів згорання при спалюванні 1м^3 сухого газоподібного палива

Розрахункові характеристики газоподібного палива

CH_4 - 98,9 %;
C_2H_6- 0,3 %;
C_3H_8- 0,1 %;
C_4H_{10}- 0,1 %;
C_5H_{12}- 0,0 %;
N_2 - 0,4 %;
CO_2 - 0,2 %.

Теоретична кількість повітря (**α=1**):

$$V^o = 0{,}0476\,[0{,}5CO + 0{,}5H_2 + 1{,}5H_2S + \sum(m+n/4)C_mH^*_n - O_2] = 9{,}52\,м^3/м^3 \quad (2.33)$$

Таблиця 2.8 - Об'єм і склад продуктів згорання

№ п/п	Найменування величин	Од. вим.	Топка $a_г$	Газохід КП $a_{к.п.}$
1	Коефіцієнт надлишку повітря за газоходом	-	1,2	1,15
2	$(a_i - 1)V^o$	м^3/кг	1,90	1,43
3	Дійсний об'єм водяних парів: $V_{H2O} = V^o_{H2O} + 0{,}0161(a_i - 1)V^o$	м^3/кг	2,192	2,185
4	Дійсний об'єм продуктів згоряння: $V_r = V_{RO2} + V^o_{N2} + V_{H2O} + (a_i - 1)V^o$	м^3/кг	12,63	12,14
5	Об'ємна доля трьохатомних газів: $r_{RO2} = V_{RO2} / V_r$	-	0,080	0,083
6	Об'ємна доля водяних парів: $r_{H2O} = V_{H2O} / V_r$	-	0,171	0,178
7	Сумарна об'ємна доля трьохатомних газів: $r_n = r_{RO2} + r_{H2O}$	-	0,251	0,261

Теоретичний об'єм продуктів згорання газу при (α =1):

Об'єм азоту:

$$V_{N2} = 0{,}79V^o + N_2/100 = 7{,}52 \ м^3/м^3 \quad (2.34)$$

Об'єм трьох атомних газів:

$$V_{RO2} = 0{,}01\ [CO_2 + CO + H_2S + \sum mC_mH^*_n] = 1{,}00\ м^3/м^3 \quad (2.35)$$

Об'єм водяних парів:

$$V^o_{H2O} = 0{,}01\ [H_2 + H_2S + \sum n/2C_mH^*_n + 0{,}124d_{г.тп}] + 0{,}0161V^o = 2{,}16 \ м^3/м^3 \quad (2.36)$$

Ентальпії повітря і продутів згорання на 1м^3 :

Таблиця 2.9 - Ентальнія продуктів згорання (I-V таблиця)

Температура t, °C	Ентальпія газів, $I^o_г$, Ккал/м^3	Ентальпія повітря, $I^o_в$, Ккал/м^3	Ентальпія димових газів, $I = I^o_г + (a - 1)I^o_в$			
			Топка $a_т$ = 1,2		Конвективна частина КП, $a_{к.п}$ = 1,15	
			I	DI	I	DI
100	351	301	411,2		396,15	
200	709	605	739,25	328,05	799,75	403,6
300	1076	916	1121,8	382,55	1213,4	413,65
400	1453	1232	1514,6	392,8	1637,8	424,4
500	1840	1556	1917,8	403,2	2073,4	435,6
600	2234	1887	2328,35	410,55	2517,1	443,65
700	2640	2228	2751,4	423,05	2974,2	457,15
800	3058	2570	3186,5	435,1	3443,5	469,3
900	3485	2913	3630,65	444,15	3922	478,45
1000	3919	3265	4082,25	451,6	4408,8	486,8

Таблиця 2.10 - Тепловий баланс котельної установки

Найменування величини	Позна-чення	Розрахункова формула	Од.вим.	Розрахунок
1	2	3	4	5
Тепло, що вноситься в топку котла	$Q^p_р$	$Q^p_н$	Ккал/м^3	8500
Температура уходящих газів	$t_{ух}$		°С	160
Ентальпія уходящих газів	$I_{ух}$	по I-V таблиці	Ккал/м^3	608,0
Температура повітря в котельні	$t_{х.п.}$	Приймається 30	°С	30
Ентальпія холодного повітря в котельній	$I^o_{хв}$	по I-V таблиці	Ккал/м^3	88,2
Втрата теплоти з уходящими газами	q_2	$(I_{ух} - a_{ух}I^o_{хв})x(100 - q_4) / Q^p_р$	%	5,96
Втрата теплоти від хімічного недопалу	q_3	$Q^p_н$	%	0,1
Втрата теплоти від механічного недопалу	q_4	$Q^p_н$	%	0
Втрати в навколишнє середовище	q_5	$Q^p_н$	%	1
ККД агрегату	$q_{ка}$	$100 - \sum q$	%	92,94
Сума теплових втрат	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	7,06
Теплова потужність котельної установки	$Q_{к.а}$		(Гкал/год)	7,98
Коефіцієнт збереження тепла	ϕ	$1 - q_5 / (\eta_{ка} + q_5)$	%	0,989
Повна витрата палива	B	$(Q_{ка}10^6 / (Q^p_р q_{ка})$ x 100	м^3/год	1010,1
Розрахункова витрата палива	$B_р$	$B((100 - q_4) / 100)$	м^3/год	1010,1

2.10.2 Аеродинамічний розрахунок

Котел КСВа - 2,0. Аеродинамічний розрахунок димової труби(холодний період)

Вихідні дані:

Визначаємо діаметр труби:

$$d_0 = 0,0188\sqrt{V_{трб} / w_0} = 0,0188\sqrt{2741,7/10} = 0,3 \ м \qquad (2.37)$$

Визначаємо висоту труби:

$$h_{трб} = \rho_n \sqrt{\frac{mAMF}{(ПДК) - C_ф} \sqrt[3]{\frac{z}{V\Delta t}}} = 1\sqrt{\frac{1 \cdot 160 \cdot 0,7 \cdot 1}{0,5 - 0,4} \sqrt[3]{\frac{1}{0,762 \cdot 166}}} = 17,5 \ м \qquad (2.38)$$

Вихідні дані заносимо до таблиці 2.11

Таблиця 2.11

№	Найменування показника	Позн.	Од. вим.	Значення
1	Навантаження	Q	КВт	2000
2	Розрахункова температура зовнішнього повітря	$T_в$	°С	-22
3	Температура димових газів max	$T_г$	°С	160
4	Температура повітря, навколо димохода	$T_{ов}$	°С	-6
5	Коеф.теплопередачі стінок газохода	$К_{стг}$	квт/м^2°С	2,9
6	Коеф.теплопередачі стінок димової труби	$К_{стд}$	квт/м^2°С	2,9
7	Висота труби (від місця врізки)	H	м	15
8	Довжина газоходу від котла до труби	L	м	3,3
9	Швидкість вітру	$W_в$	м/с	4,2
10	Коеф. тертя для газохода	λ		0,02
11	ККД котельної установки	η		0,93
12	Діаметр газоходу	$D_г$	м	0,3
13	Діаметр димової труби	$D_т$	м	0,3
14	Коеф. надлишку повітря пальника	α		1,2
15	Об'ємна теплоємність димових газів	$C_г$	квт/м^2°С	5,018
16	Теоретичний об'єм продуктів згорання	$V^0_г$	м^3/м^3	10,68
17	Теоретична необхідна кількість повітря	V^0	м^3/м^3	9,52
18	Дійсний об'єм продуктів згоряння:	$V_г$	м^3/м^3	12,63
19	Нижча теплота згорання палива	$Q_н$	ккал/нм^3	8500

2. Витрата палива котельнею:

$$G = \frac{Q}{Q_н \cdot \eta} = \ 217,08 \ м^3 / год \qquad (2.39)$$

3. Вистигання димових газів по всьому газовому тракту:

$$t = \frac{(T_г - T_{ов})}{0,33 \cdot G \cdot V_г / (K_{ст} \cdot F) + 0,5} = 9,96 \ °C \qquad (2.40)$$

Виходячи з цього, вистигання димових газів на 1м газового тракту становить 0,506 °С / м

4. Середня температура димових газів:

$$T_{ср} = T_г - \frac{(L+H) \cdot t}{2} = 155,37 \ °C \qquad (2.41)$$

5. Фактичний секундний об'єм продуктів згорання:

$$V = V_г \cdot \frac{G}{3600} \cdot (\frac{273 + T_{ср}}{273}) = 1,195 \ м^3 / с \qquad (2.42)$$

6. Швидкість газів в газоході:

$$W_{гор} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_г^2} = 8,46 \ м / с \qquad (2.43)$$

7. Швидкість газів у димовій трубі:

$$W_{верт} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_т^2} = 16,91 \ м / с$$

(2.44)

8. Питома вага газів на горизонтальній ділянці:

$$\gamma_{гор} = \frac{\gamma_o \cdot 273}{T_г + 273} = 0,794 \ кг / м^3 \qquad (2.45)$$

9. Питома вага газів на вертикальній ділянці:

$$\gamma_{верт} = \frac{\gamma_o \cdot 273}{T_{ср} + 273} = 0,803 \ кг / м^3 \qquad (2.46)$$

де γ_o питома вага димових газів при н.у. γ_o=1,26

10. Коефіцієнти місцевих опорів:

Вид	Поворот 90°	Вхід в трубу	Вихід з труби

КМО	1,2	0,1	0,16
к-сть на гор. діл.	2	0	0
к-сть на верт. діл.	0	1	1

11. Втрати тиску на горизонтальній ділянці:

$$\Delta p_{гор} = (\lambda \cdot \frac{L}{D_г} + \Sigma\xi) \cdot \frac{W_{гор}^2}{2g} \cdot \gamma_{гор} = 7,59 \ мм.в.ст \quad (2.47)$$

12. Втрати тиску на вертикальній ділянці:

$$\Delta p_{верт} = (\lambda \cdot \frac{H}{D_т} + \Sigma\xi) \cdot \frac{W_{верт}^2}{2g} \cdot \gamma_{ср} = 39,81 \ мм.в.ст \quad (2.48)$$

Повний аеродинамічний опір газового тракту: 47,4 мм.в.ст

13. Самотяга димової труби:

$$H_c = H \cdot g \cdot \left(\gamma_в \cdot \frac{273}{273+T_в} - \gamma_0 \cdot \frac{273}{273+T_{ср}} \right) = 88,78 \ мм.в.ст \quad (2.49)$$

де $\gamma_в$ питома вага димових газів при н.у. $\gamma_в$ =1,293

Висновок: Природна тяга газового тракту перевищує аеродинамічний опір на 41,38 мм водяного стовпа. Отже, природна тяга димової труби перевищує сумарний опір газового тракту більш ніж на 20%, що є достатнім для ефективного виведення димових газів в атмосферу.

Проводимо аналогічний розрахунок для котла КСВа – 1,5 МВт, який буде використовуватися влітку для гарячого водопостачання.

Котел КСВа 1,5. Аеродинамічний розрахунок димової труби(холодний період)

Вихідні дані заносимо до таблиці 2.12

Таблиця 2.12

№	Найменування показника	Позн.	Од. вим.	Значення
1	Навантаження	Q	КВт	1500
2	Розрахункова температура зовнішнього повітря	$T_в$	°С	-22
3	Температура димових газів max	$T_г$	°С	160
4	Температура повітря, навколо димохода	$T_{ов}$	°С	-6
5	Коеф.теплопередачі стінок газохода	$К_{стг}$	квт/м^2°С	2,9
6	Коеф.теплопередачі стінок димової труби	$К_{стд}$	квт/м^2°С	2,9
7	Висота труби (від місця врізки)	H	м	15
8	Довжина газоходу від котла до труби	L	м	3,6
9	Швидкість вітру	$W_в$	м/с	4,2
10	Коеф. тертя для газохода	λ		0,02
11	ККД котельної установки	η		0,93
12	Діаметр газоходу	$D_г$	м	0,3
13	Діаметр димової труби	$D_т$	м	0,3
14	Коеф. надлишку повітря пальника	α		1,2
15	Об'ємна теплоємність димових газів	$С_г$	квт/м^2°С	5,018
16	Теоретичний об'єм продуктів згорання	$V^0_г$	м^3/м^3	10,68
17	Теоретична необхідна кількість повітря	V^0	м^3/м^3	9,52
18	Дійсний об'єм продуктів згоряння:	$V_г$	м^3/м^3	12,63
19	Нижча теплота згорання палива	$Q_н$	ккал/нм^3	8500

2.Витрата палива котельнею:

$$G = \frac{Q}{Q_н \cdot \eta} = 162,81 \ м^3 / год$$

3.Вистигання димових газів по всьому газовому тракту:

$$t = \frac{(T_г - T_{ов})}{0,33 \cdot G \cdot V_г / (K_{ст} \cdot F) + 0,5} = 12,56 \ °C$$

Виходячи з цього, вистигання димових газів на 1м газового тракту становить 0,675 °С / м

4. Середня температура димових газів**:**

$$T_{ср} = T_г - \frac{(L+H)\cdot\Delta t}{2} = 153,72\ °C$$

5. Фактичний секундний об'єм продуктів згорання:

$$V = V_г \cdot \frac{G}{3600} \cdot (\frac{273+T_{ср}}{273}) = 0,893\ \ м^3/с$$

6. Швидкість газів в газоході:

$$W_{гор} = \frac{4\cdot V}{\pi \cdot D_г^2} = 6,32\ \ м/с$$

7. Швидкість газів у димовій трубі:

$$W_{верт} = \frac{4\cdot V}{\pi \cdot D_т^2} = 12,64\ \ м/с$$

8. Питома вага газів на горизонтальній ділянці:

$$\gamma_{гор} = \frac{\gamma_о \cdot 273}{T_г + 273} = 0,794\ \ кг/м^3$$

9. Питома вага газів на вертикальній ділянці:

$$\gamma_{верт} = \frac{\gamma_о \cdot 273}{T_{ср} + 273} = 0,806\ \ кг/м^3$$

10. Коефіцієнти місцевих опорів:

Вид	Поворот 90°	Вхід в трубу	Вихід з труби
КМО	1,2	0,1	0,16
к-сть на гор. діл.	2	0	0
к-сть на верт. діл.	0	1	1

11. Втрати тиску на горизонтальній ділянці:

$$\Delta p_{гор} = (\lambda \cdot \frac{L}{D_г} + \Sigma\xi) \cdot \frac{W_{гор}^2}{2g} \cdot \gamma_{гор} = 4,27\ \ мм.в.ст$$

12. Втрати тиску на вертикальній ділянці:

$$\Delta p_{верт} = (\lambda \cdot \frac{H}{D_т} + \Sigma\xi) \cdot \frac{W_{верт}^2}{2g} \cdot \gamma_{ср} = 22,31\ \ мм.в.ст$$

Повний аеродинамічний опір газового тракту: 26,58 мм.в.ст

13. Самотяга димової труби:

$$H_c = H \cdot g \cdot \left(\gamma_в \cdot \frac{273}{273+T_в} - \gamma_0 \cdot \frac{273}{273+T_{ср}} \right) = 88,32 \ мм.в.ст$$

де $\gamma_в$ питома вага димових газів при н.у. $\gamma_в$=1,293

Висновок: самотяг димової труби перевищує опір аеродинаміки на 61,75 мм.в.ст. Така перевага самотягу над загальним опором газового тракту перевищує 20%, що вважається достатнім для ефективного відведення димових газів в атмосферу.

Котел КСВа 1,5. Аеродинамічний розрахунок димової труби (теплий період)

Визначаємо діаметр труби:

$$d_0 = 0,0188\sqrt{V_{трб} / w_0} = 0,0188\sqrt{2056,3/10} = 0,3 \ м$$

Визначаємо висоту труби:

$$h_{трб} = \rho_п \sqrt{\frac{mAMF}{(ПДК) - C_ф} \sqrt[3]{\frac{z}{V\Delta t}}} = 1\sqrt{\frac{1 \cdot 160 \cdot 0,6 \cdot 1}{0,5-0,4} \sqrt[3]{\frac{1}{0,571 \cdot 148}}} = 17,5 \ м$$

Вихідні дані заносимо до таблиці 2.13

Таблиця 2.13

№	Найменування показника	Позн.	Од. вим.	Значення
1	Навантаження	Q	КВт	1500
2	Розрахункова температура зовнішнього повітря	$Т_в$	°С	28
3	Температура димових газів max	$Т_г$	°С	160
4	Температура повітря, навколо димохода	$Т_{ов}$	°С	12
5	Коеф.теплопередачі стінок газохода	$К_{стг}$	квт/м^2°С	2,9
6	Коеф.теплопередачі стінок димової труби	$К_{стд}$	квт/м^2°С	2,9
7	Висота труби (від місця врізки)	Н	м	15
8	Довжина газоходу від котла до труби	L	м	3,6
9	Швидкість вітру	$W_в$	м/с	1
10	Коеф. тертя для газохода	λ		0,02
11	ККД котельної установки	η		0,93

12	Діаметр газоходу	$D_г$	м	0,3
13	Діаметр димової труби	$D_т$	м	0,3
14	Коеф. надлишку повітря пальника	α		1,2
15	Об'ємна теплоємність димових газів	$C_г$	квт/м^2°С	5,018
16	Теоретичний об'єм продуктів згорання	$V^0_г$	м^3/м^3	10,68
17	Теоретична необхідна кількість повітря	V^0	м^3/м^3	9,52
18	Дійсний об'єм продуктів згоряння:	$V_г$	м^3/м^3	12,63
19	Нижча теплота згорання палива	$Q_н$	ккал/нм^3	8500

2.Витрата палива котельнею:

$$G = \frac{Q}{Q_н \cdot \eta} = 108,54 \ нм^3 / год$$

3.Вистигання димових газів по всьому газовому тракту:

$$t = \frac{(T_г - T_{ов})}{0,33 \cdot G \cdot V_г / (K_{ст} \cdot F) + 0,5} = 16,8 \ °C$$

Вистигання димових газів на 1м газового тракту становить 0,903 °С / м

4. Середня температура димових газів:

$$T_{ср} = T_г - \frac{(L+H) \cdot t}{2} = 151,61 \ °C$$

5. Фактичний секундний об'єм продуктів згорання:

$$V = V_г \cdot \frac{G}{3600} \cdot (\frac{273 + T_{ср}}{273}) = 0,592 \ м^3 / с$$

6. Швидкість газів в газоході:

$$W_{гор} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_г^2} = 4,19 \ м / с$$

7. Швидкість газів у димовій трубі:

$$W_{верт} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_т^2} = 8,38 \ м / с$$

8. Питома вага газів на горизонтальній ділянці:

$$\gamma_{гор} = \frac{\gamma_o \cdot 273}{T_г + 273} = 0,794 \ кг / м^3$$

9. Питома вага газів на вертикальній ділянці:

$$\gamma_{верт} = \frac{\gamma_o \cdot 273}{T_{ср} + 273} = 0,810 \ кг / м^3$$

де γ_o питома вага димових газів при н.у. γ_o=1,26

10. Коефіцієнти місцевих опорів:

Вид	Поворот 90°	Вхід в трубу	Вихід з труби
КМО	1,2	0,1	0,16
к-сть на гор. діл.	2	0	0
к-сть на верт. діл.	0	1	1

11. Втрати тиску на горизонтальній ділянці:

$$\Delta p_{гор} = (\lambda \cdot \frac{L}{D_г} + \Sigma\xi) \cdot \frac{W_{гор}^2}{2g} \cdot \gamma_{гор} = 1{,}88 \ \ мм.в.ст$$

12. Втрати тиску на вертикальній ділянці:

$$\Delta p_{верт} = (\lambda \cdot \frac{H}{D_т} + \Sigma\xi) \cdot \frac{W_{верт}^2}{2g} \cdot \gamma_{ср} = 9{,}87 \ \ мм.в.ст$$

Повний аеродинамічний опір газового тракту: 11,74 мм.в.ст

13. Самотяга димової труби:

$$H_с = H \cdot g \cdot \left(\gamma_в \cdot \frac{273}{273+T_в} - \gamma_0 \cdot \frac{273}{273+T_{ср}} \right) = 53{,}33 \ \ мм.в.ст$$

де $\gamma_в$ питома вага димових газів при н.у. $\gamma_в$ =1,293

Висновок: значення самотягу газового тракту перевищує аеродинамічний опір на 41,61 мм.в.ст. Це означає, що перевищення самотягу димової труби над загальним опором газового тракту становить більше, ніж на 20%, що вважається вистачаючим для ефективного видалення димових газів у повітря.

Ця техніка використовується і для інших котлів, наприклад, КСВа з потужністю 2,0 МВт, які функціонують у зимовий період року. Приклад розрахунку для цього котла поданий вище.

Розділ 3
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1 Заходи по енергозбереженню

Спрямованим на економію енергоресурсів є вдосконалення інженерних систем у будівлях. Ця діяльність включає розробку передових технологічних рішень, спрямованих на децентралізацію системи теплопостачання, виготовлення та впровадження автоматизованих регуляторів для індивідуального обліку тепла, гарячої та холодної води.

Основні шляхи збереження енергії включають наступні аспекти:

- постійне поліпшення теплоізоляції будівельних конструкцій у масовому будівництві;
- впровадження автоматичних систем регулювання споживання тепла, гарячої води та газу у будівельній сфері;
- модернізація існуючих технічних рішень в системах опалення та теплопостачання, включаючи підвищення технологічного рівня енергетичних джерел;
- використання альтернативних джерел енергії для зменшення залежності від традиційних джерел палива.

Використання труб, попередньо ізольованих пінополіуретаном, має наступні переваги:

- збільшення терміну експлуатації трубопроводу до 30-40 років;
- зниження теплових втрат до 2%;
- скорочення терміну будівництва від 2 до 5 разів;
- зменшення капітальних витрат на 20%;
- зменшення експлуатаційних витрат у 9 разів;
- зменшення витрат на ремонт у 3 рази.

Стан та устаткування системи опалення найбільше впливають на потреби в тепловій енергії. Тому кожний будинок має свій власний тепловий пункт, що встановлюється у підвалі, з індивідуальним підключенням до мережі, використовуючи сучасні пластинчасті теплообмінники.

Індивідуальні теплові пункти (ІТП) дозволяють налаштовувати використання тепла у будівлях відповідно до погодних умов. Вони забезпечують подачу точної кількості теплової енергії, необхідної для будівлі в певний момент, що допомагає уникнути перегріву приміщень і сприяє економії енергоресурсів.

Наступні стратегії зменшення споживання енергії у цьому проекті:

- впровадження безканальної системи теплопостачання з використанням ізольованих труб;
- пониження температури опалення вночі на 2°C, що може зменшити витрати на опалення на 5%;
- регулювання температури теплоносія залежно від зовнішньої температури, що може призвести до економії на опаленні на 10-20%;
- встановлення радіаторних термостатичних клапанів для регулювання теплового режиму кімнат з урахуванням зовнішніх умов;
- утеплення фасаду будівлі зменшить втрати тепла і знизить витрати на опалення на 15-20%;
- встановлення систем обліку теплової енергії на рівні будинку та окремих квартир;
- використання автоматичних балансувальних клапанів у системі опалення;
- Автоматизація процесів у котельні та індивідуальному тепловому пункті.

3.2 Розрахунок витрат теплоносія

Теплолічильник - це пристрій, призначений для вимірювання кількості теплоти, яку споживач отримує від теплової мережі. Він складається з трьох основних компонентів: витратоміра, обчислювача і датчиків температури[10].

Розрахункова максимальна витрата теплоносія на опалення

$$G_{o\max} = \frac{3,6 \cdot Q\max}{c \cdot (t_1 - t_2)},\ кг/год \tag{3.1}$$

ρ - густина теплоносія, яка дорівнює:

- в подавальному трубопроводі 948,7 кг/м^3
- в зворотному трубопроводі 977,81 кг/м^3

$$G_{o\max} = \frac{347054}{(115-70)} = 7712\ кг/год$$

$$V_{\max n} = 7712/948,7 = 8,1\ м^3/год$$

$$V_{\max з} = 7712/977,81 = 7,89\ м^3/год$$

Розрахункова максимальна витрата теплоносія на ГВП

$$G_{в\max} = \frac{3,6 \cdot Q\max}{c \cdot (t'_1 - t'_2)},\ кг/год \tag{3.2}$$

ρ - густина теплоносія, яка дорівнює:

- в подавальному трубопроводі 977,81 кг/м^3
- в зворотному трубопроводі 991,56 кг/м^3

$$G_{h\max} = \frac{81879}{(70-30)} = 2047\ кг/год$$

$$V_{\max n} = 2047/977,81 = 2,1\ м^3/год$$

$$V_{\max з} = 2047/991,56 = 2,0\ м^3/год$$

Сумарна максимальна розрахункова витрата теплоносія:

$$G_{\max} = G_{o\max} + G_{h\max} = 7712 + 2047 = 9759 \ кг/год \qquad (3.3)$$

$$V_{\max n} = 8,1 + 2,1 = 10,2 \ м^3/год$$

$$V_{\max з} = 7,89 + 2,0 = 9,89 \ м^3/год$$

Мінімальна витрата теплоносія на опалення.

Мінімальна витрата теплоносія:

$G_{h\min} = G_{o\max} = 7712 \ кг/год$, або: теплова потужність на опалення при tnn=8°C

$$Q_{\min} = Q_{\max} \cdot \frac{(t_в - t_{пп})}{(t_в - t_з)} = \frac{(20-8)}{(20-(-22))} \cdot 347054 = 99158 \ ккал/год$$

(3.4)

$$G_{\min} = \frac{Q_{\min}}{(t'_1 - t'_2)} = \frac{99158}{(20-(-22))} = 2361 \ кг/год$$

(3.5)

$$V_{\min n} = 2361/977,81 = 2,4 \ м^3/год$$

$$V_{\min з} = 2361/991,56 = 2,38 \ м^3/год$$

Мінімальна годинна витрата тепла на гаряче водопостачання визначається в період ночі, коли гаряча вода практично не використовується, але система все ще працює, щоб забезпечити циркуляцію теплоносія та компенсувати втрати у розподільчих мережах.

$$Q_{h\min} = 0,0066 \ Гкал/год$$

$$G_{h\min} = \frac{6600}{(70-30)} = 165 \ кг/год$$

$$V^S_{dn} = 165/977,81 = 0,17 \ м^3/год$$

$$V^S_{dз} = 165/995,67 = 0,17 \ м^3/год$$

Сумарна мінімальна розрахункова витрата теплоносія:

$$G_{\min} = G_{o\min} + G_{h\min} = 2361 + 165 = 2526 \ кг / год$$

$$V_{\min n} = 2,4 + 0,17 = 2,57 \ м^3 / год$$

$$V_{\min з} = 2,38 + 0,17 = 2,55 \ м^3 / год$$

3.2.1 Підбір обладнання обліку теплової енергії

За обсягом обчислюваної максимальної та мінімальної витрати води в мережі для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання:

- максимальна витрата теплоносія зимою становить: 10,2 м^3/год
- мінімальна витрата теплоносія літом становить: 0,17 м^3/год

Вибирається теплолічильник ULTRAHEAT UH50, характеристика якого наведена в табл.3.1

Таблиця 3.1 – Характеристика теплолічильника «ULTRAHEAT UH50»

Діаметр умовного проходу, мм	40
Максимальна витрата, м ^{3}/год	20
Номінальна витрата, м ^{3}/год	10
Мінімальна витрата, м ^{3}/год	0,1
Поріг чутливості, л/год	12

Для поквартирного обліку вибирається теплолічильник ULTRAHEAT T-230, характеристика наведена в табл.3.2

Таблиця 3.2 – Характеристика теплолічильника ULTRAHEAT T-230

Діаметр умовного проходу, мм	15
Максимальна витрата, м ^{3}/год	1.2
Номінальна витрата, м ^{3}/год	0.6
Мінімальна витрата, м ^{3}/год	0,006

3.2.2 Монтаж і експлуатація приладів

Теплолічильники встановлюються в спеціальних захищених шафах на стіні теплопункту, які можна закрити на замок.

Теплообчислювачі, витратоміри та термоперетворювачі опору забезпечуються пломбами, щоб запобігти несанкціонованому доступу до них.

Пломбування проводиться представником енергопостачальної компанії, яка контролює використання теплової енергії і її оплату. Щоб пломбувати термоперетворювачі опору та гайки витратомірів, на них є спеціальні отвори.

Обслуговування та експлуатація приладів обліку теплової енергії повинні відбуватися відповідно до інструкцій виробника та рекомендацій енергопостачальної компанії, яка проводить пусконалагоджувальні роботи.

Споживач відповідає за забезпечення справності та періодичну перевірку приладів обліку теплової енергії.

3.3 Аналіз та вибір необхідного палива

Для розрахунку потрібної кількості палива, ми аналізуємо щомісячне навантаження на систему опалення та загальне споживання енергії житловим комплексом.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунків

Навантаження системи опалення:	5847 кВт
Навантаження системи ГВП розр. серед.:	1368 кВт
Температурний графік:	115°С
	70°С
Розрахункова температура на зовн. пов.	-22

Навантаження на систему опалення визначаємо за формулою в залежності від середньої температури за місяць:

$$Q_o(t_н) = Q'_{o\max}\frac{t_i - t_н}{t_i - t'_o}, \qquad (3.6)$$

де:

t_i – температура внутрішнього повітря, дорівнює 20^oC;

$t_н$ - середня місячна температура навколишнього середовища;

t'_o – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, ^oC. Для м. Київ приймається -22^oC.

Загальне енергоспоживання визначаємо за формулою:

$$E = (Q_o \cdot 24 + Q_h \cdot 24) \cdot 30, \quad кВт \cdot год \qquad (3.7)$$

де:

Q_o *та* Q_h - навантаження системи опалення та ГВП відповідно.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 3.5.

За формулою, використовуючи дані питомої енергоємності кожного виду палива (див. табл. 3.4), ми визначаємо необхідну кількість різних видів палива:

$$W = \frac{E \cdot 3600}{q}, м^3 \qquad (3.8)$$

де:

E – загальне енергоспоживання, кВт·год

q – питома енергоємність палива кДж/м^3

Результати розрахунків заносимо в таблицю 3.6

Отримавши необхідну кількість кожного виду палива (див. табл. 3.6) та врахувавши тарифи на них (див. табл. 3.4), ми розраховуємо загальні витрати для кожного виду палива. Отримані результати вносяться в таблицю 3.7.

Таблиця 3.4 – Характеристика палива

Вид палива	**Тариф за од. грн**	**ККД тепло-генератора, %**	**Теплотвор.с проможність палива кДж/м^3(л)**	**Питома енергоємність**
Природний газ, м^3	10,3	93	38000	35340
Дизельне паливо, м^3	49,5	93	50000	46500
Зріджений газ, л	7,96	90	28600	25740
Вугілля (антрацит), т	5621	80	32000	25600
Дрова сухі (менше 30% вологості), т	3100	88	13000	11440

Таблиця 3.5 – Загальне помісячне енергоспоживання

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень
Середня температура, °С:	-5,6	-4,2	0,7	8,7	15,1	18,2	19,3
Температури НС, °С:	-25..-30	-20..-25	-15..-20	-10..-15	-	-	-
Навантаження СО, кВт:	3563,9	3368,9	2686,8	1573,1			
Сумарне споживання кВт*год:	3707626,1	3558730,3	3037595,0	2186761,9	984960,0	984960,0	984960,0

Продовження таблиці 3.5

Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Σ за сезон
-4,2	0,7	8,7	15,1	18,2	19,3
-20..-25	-15..-20	-10..-15	-	-	-
3368,9	2686,8	1573,1			
3558730,3	3037595,0	2186761,9	984960,0	984960,0	984960,0

Таблиця 3.6 – Витрата палива

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень
Витрата прир. газу, м^3	377686,9	362519,2	309432,4	222760,1	100335,5	100335,5	229260,5
Витрата дизельного палива, л	287042,0	275514,6	235168,7	169297,7	76255,0	76255,0	76255,0
Витрата зрідженого газу, л	518549,1	497724,5	424838,5	305840,8	137756,6	137756,6	137756,6
Витрата вугілля, т	521,4	500,5	427,2	307,5	138,5	138,5	138,5
Витрата дров сухих, т	1166,7	1119,9	955,9	688,1	310,0	310,0	310,0

Продовження таблиці 3.6

Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Σ за сезон
229260,5	229260,5	229260,5	294264,8	341934,5	2639536,0
76255,0	76255,0	17438,0	223641,2	259870,3	2006047,0
137756,6	137756,6	314765,6	404013,9	469462,6	3623978,0
138,5	138,5	316,5	406,2	472,0	3644,0
310,0	310,0	708,2	909,0	1056,3	8154,0

Таблиця 3.7 – Фінансові витрати на паливо

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень
Затрати на природний газ, грн	3890175	3733948	3187154	2294429	1033456	1033456	2361383
Затрати на дизельне паливо, грн	14208579	13637973	11640851	8380236	3774623	3774623	3774623
Затрати на зріджений газ, грн	4127651	3961887	3381714	2434493	1096543	1096543	1096543
Затрати на вугілля, грн	2930789	2813311	2401291	1728458	778509	778509	778509
Затрати на дрова, грн	3616770	3471690	2963290	2133110	961000	961000	961000

Продовження таблиці 3.7

Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	**Σ за сезон**
2361383	2361383	2361383	3030927	3521925	27187221
3774623	3774623	863181	11070239	12863580	99299327
1096543	1096543	2505534	3215951	3736922	28846865
778509	778509	1779047	2283250	2653112	20482924
961000	961000	2195420	2817900	3274530	25277400

Аналізуючи розрахунки, ми бачимо, що вугілля є найдешевшим паливом, за нею йде деревина, а на третьому місці - природний газ. У цьому дипломному проекті планується створення джерела тепла на базі природного газу. Це дозволить використовувати сучасну автоматику керування, забезпечить високий коефіцієнт корисної дії роботи котельні, зменшить податкові платежі за забруднення атмосфери та знизить витрати на обслуговуючий персонал.

3.4 Порівняння та вибір обладнання для джерела теплоти

Для порівняння ми звертаємо увагу на капітальні витрати на котельні агрегати, пальники та їх коефіцієнт корисної дії. Для цього ми обираємо котли провідних компаній, таких як Viessmann і Buderus, а також котел вітчизняного виробництва КСВа. Характеристики цих котлів заносимо в таблицю 3.8 для подальшого порівняння.

Таблиця 3.8

Котел	Потужнысть, кВт	Пальник	Ккд, %	Ціна, грн
BOSCH UT-L16	2000	ECOFLAM BLU 2000.1 PAB	92	933405,7
Vitomax 100 LW	2000	Weishaupt WM-G20/3-A ZM DN100	91,5	881246,8
КСВа	2000	Weishaupt WM-G20/3-A ZM DN100	92	673258,7

Вибір на користь котла вітчизняного виробництва КСВа, який використовує німецький пальник від компанії Weishaupt та надійну автоматизацію, дозволяє досягти високого коефіцієнта корисної дії при спалюванні природного газу та зменшити викиди в атмосферу. Цей котел забезпечує надійну та ефективну роботу і потребує менших капітальних вкладень порівняно з іншими котлами відомих компаній.

3.5 Розрахунок викидів забруднюючих речовин

Під час експлуатації джерел енергії спостерігаються такі фактори, що негативно впливають на оточуюче середовище: використання атмосферного кисню та викидання в результаті повного спалювання продуктів, таких як вуглекислий газ (CO2) та водень (H2O); теплові викиди; звукове забруднення; та інші шкідливі викиди у повітря [11].

Шкідливими викидами при сталюванні палива в атмосферу є:

- частки незгорілого палива;
- окисли азоту NO та NO_2;
- окисли сірки SO_2, SO_3;
- сажа С;
- зола;
- продукти неповноти згорання;
- канцерогенні речовини.

Згідно з даними [12], що наведені в таблиці 3.9, розраховуємо кількість викидів за рік від порівняльних видів палива. Отримані результати вносимо в таблицю 3.10.

Таблиця 3.9 – Характеристика викидів забруднюючих речовин

Кількість викидів, кг/тис.т палива					
Вид палива	CO2	NO2	SO2	тверді частки	Сума
Природний газ	1180	3520	0	0	4700
Деревина	4900	9400	4300	300	18900
Кам’яне вугілля	9600	63600	9200	65300	147700

Таблиця 3.10 – Питомі викиди забруднюючих речовин

Питомі викиди за рік, кг			
	Кам’яне вугілля	Деревина	Природний газ
Діоксид вуглецю CO_2	34982,4	39954,6	4307,96
оксиди азоту NO_2	231758,4	76647,6	12850,85
Діоксид сірки SO_2	33524,8	35062,2	0
Тверді частки	237953,2	2446,2	0
Σ	**538218,8**	**154110,6**	**17158,81**

Згідно з даними Державної фіскальної служби та ставками податку на викиди конкретних забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення, ми проводимо детальний розрахунок загальної суми податків за викиди. Отримані результати відображені у таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Необхідна сума податків за забруднення

Сума податків за забруднення, грн				
Вид забруднення	Ставка податку, грн/т	Кам'яне вугілля	Деревина	Природний газ
Діоксид вуглецю CO_2	0,37	12,9	14,8	1,6
оксиди азоту NO2	2451,84	568234,5	187927,7	31508,2
Діоксид сірки SO2	2451,84	82197,4	85966,9	0
Тверді частки	138,57	32973,2	339,0	0
	Σ	**683418,1**	**274248,3**	**31509,8**

3.6 Встановлення частотного регулювання насосною групою

Енергозбереження стоїть у центрі уваги у будь-якій галузі, оскільки воно сприяє зниженню непотрібних витрат. Більшість насосних груп зараз працюють на нерегульованих електроприводах, що призводить до зайвого споживання електроенергії.

У котельні, для мережних насосів Grundfos NBG 65-50-160/162, ми встановлюємо частотний регулятор Micro Drive FC51 від Danfoss з потужністю 11 кВт. Це дозволить зменшити споживання електроенергії.

Вважаємо, що установка працює 8760 годин на рік, і очікуємо середню економію електроенергії на рівні 20%.

Розраховуємо економію електроенергії:

$$В = 8760 \cdot 11 \cdot 0{,}2 = 19272 \text{ кВт·год}$$

Визначаємо ціну електроенергії, що зекономлена – 1,89 грн/кВт·год

$$С_{е/е} = 19272 \cdot 1{,}89 = 36424 \text{ грн}$$

Вартість частотного регулятора становить 23322грн

Визначаємо термін окупності:

$$Т_{ок} = \frac{23322}{1{,}2 \cdot 36424} = 5 \text{ місяців}$$

Розділ 4
АВТОМАТИЗАЦІЯ

5.1 Загальні відомості

У цьому проекті в підвалі кожного будинку передбачається встановлення індивідуального теплового пункту (ІТП).

У кожному тепловому пункті планується встановлення обладнання, арматури, контрольних приладів, систем управління та автоматизації, що забезпечують ефективне керування тепловими процесами [10] :

- моніторинг параметрів теплоносія;
- облік теплових потоків і витрати теплоносія;
- регулювання витрати теплоносія та його розподіл між системами;
- захист локальних систем від аварійного підвищення параметрів теплоносія;
- заповнення та підживлення системи теплопостачання;
- підготовка води для системи гарячого водопостачання.

До технічних засобів автоматизації входять вимірювальні пристрої (датчики), регулятори, функціональні блоки, виконавчі механізми, регулюючі елементи, а також електрообладнання, щити, пульти, комплекси та інші автоматизаційні засоби [13].

Головною метою автоматизації є ефективне вирішення різноманітних завдань без необхідності втручання людини.

Для досягнення економічності та стабільності функціонування системи теплопостачання впроваджується автоматичне регулювання гідравлічних режимів.

5.2 Опис функцій системи автоматизації

Функції автоматики в тепловому пункті включають контроль, регулювання, сигналізацію та блокування.

1. Контроль:

- вимірювання тиску у подавальному та зворотньому трубопроводах систем опалення, гарячого водопостачання та холодного водопостачання;
- вимірювання температури теплоносія в системі опалення та гарячого водопостачання;
- вимірювання витрати у всіх системах.

2. Регулювання:

- управління тиском у системі опалення;
- управління температурою в системі опалення та гарячого водопостачання.

3. Сигналізація:

Сигналізація відповідає за оповіщення про:

- виходження параметрів за межі безпечної роботи обладнання;
- відмову будь-яких елементів обладнання.

4. Блокування:

Блокування застосовується до параметрів, які використовуються для керування:

- тиск у подавальному трубопроводі;

При виявленні відмови датчика тиску у подавальному трубопроводі спрацьовує сигналізація та блокування.

температура гарячої води;

При виявленні відмови датчика температури гарячої води активується сигналізація, а клапан переходить у безпечне положення - 50%.

Розділ 5

Технології та організація монтажу інженерних систем і мереж

5.1 Технологія будівельно-монтажних робіт

Важливим етапом зведення об'єкту будівництва є будівельно-монтажні роботи - комплекс робіт, які проводяться при зведенні будівель чи споруд, а також при монтажі технологічного обладнання, систем і устаткування. Всі будівельні роботи можна розділити на загально будівельні і спеціалізовані. До загально будівельних процесів входять земляні, бетонні, кам'яні роботи, монтаж металевих конструкцій та ін. До спеціалізованих будівельних робіт відносять санітарно-технічні і електромонтажні роботи. Важливим етапом для забезпечення безперебійної експлуатації теплової мережі є з'єднання попередньо ізольованих труб і елементів трубопроводів.

Монтаж попередньо ізольованих труб та елементів теплових мереж потребує використання висококваліфікованої бригади і проведення при сприятливих атмосферних умовах відповідно до вимог монтажної схеми.

Всі роботи повинні виконуватися з дотриманням правил техніки безпеки під час монтажу, враховуючи рекомендації виробника попередньо ізольованих труб і елементів, а також вимоги проекту теплової мережі.

5.1.1 Підготовчі роботи

Перед початком монтажних робіт з попередньо ізольованими трубами і елементами трубопроводів монтажна організація повинна [16]:

- провести перевірку вхідних матеріалів;
- детально ознайомитися з проектною документацією і методикою виконання робіт;

Теплогідроізольовані труби та елементи призначені для будівництва та ремонту теплових мереж підземної безканальної та канальної прокладки з параметрами теплоносія Ру≤2,5 МПа (25 кгс/см2) з температурою при постійній експлуатації 140 0С і піками температури до 150 0С протягом десяти діб (сумарно) за рік.

Монтаж трубопроводів та їх елементів виконуються підприємствами та організаціями, що мають ліцензію на виконання такого виду робіт, а для монтажу трубопроводів, на які поширюються “Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води” додатково, отриманий у встановленому порядку дозвіл Держнаглядохоронпраці. Якість виконаних робіт забезпечується дотриманням монтажною організацією існуючих нормативних документів [3], [22] України при виконанні прокладки трубопроводів тепломереж та гарячого водопостачання.

- підготувати майданчики для зберігання матеріалів і зони для зварювання;
- забезпечити доставку потрібної техніки та обладнання відповідно до графіка;
- організувати поставку всіх необхідних матеріалів для ізоляції та системи сигналізації.

Транспортування трубопроводів

Теплогідроізольовані труби і елементи трубопроводів транспортуються, автомобільним або залізничним транспортом з дотриманням вимог [3] правил перевезення вантажу, технічних вимог завантаження і кріплення вантажів на даному виді транспорту.

Теплогідроізольовані труби та елементи трубопроводів сортують і рівномірно розміщують у кузові автомобіля, або на залізничній платформі і надійно закріплюють, щоб запобігти самовільному їх переміщенню під час транспортування;

Весь комплект ізоляції стиків (компоненти ППУ, герметизуюча стрічка, термоусадкова стрічка, латка, корки-обезповітрювачі, комплект САС) пакуються в картонні коробки.

Пінополіуретанові компоненти перевозити в герметично закритих ємностях при температурі навколишнього середовища не нижче 10°С.

Муфти поліетиленові насувні і термоусадкові транспортуються будь яким видом транспорту при температурі не вище плюс 30°С та не нижче мінус 15°С у вертикальному положенні, згідно з правилами діючими на даному виді транспорту .Забороняється транспортування компонентів пінополіуретанової системи, термоусадкових гідроізоляційних матеріалів на відкритих кузовах автомобілів, не захищених від атмосферних впливів.

Завантаження і розвантаження

Завантаження і розвантаження теплогідроізольованих труб виконувати з дотриманням вимог [3] з використанням траверс і м`яких рушників шириною не менше 400 мм, а також повинні проводитися відповідно до “Правил будови і безпечної експлуатації вантажо-підіймальних кранів”.

Виконання вантажно-розвантажувальних робіт

Якщо довжина теплогідроізольованих труб не перевищує 6 м, то дозволяється стропування за допомогою гаків, за умови, якщо вони зачіпляються за неізольовані кінці сталевих труб так, щоб не пошкодити захисної оболонки та теплоізоляційного шару матеріалу і зберегти для вантажозахоплюючого пристрою максимальний кут між стропами 90°.

5.1.2. Будівництво зовнішніх теплових мереж

Під час прокладання зовнішніх теплових мереж виконуються наступні види робіт: земляні роботи, будівництво теплових камер і інших конструкцій, монтаж трубопроводів, арматурних виробів, компенсаторів, теплова ізоляція стиків мереж теплопостачання, монтаж кришок теплових камер, а також засипання траншей вручну або за допомогою бульдозера [14].

Розглянемо докладніше роботи, які необхідно виконати під час прокладання теплових мереж, особливо в умовах, коли деякі з трубопроводів вже ізольовані та прокладені у непрохідних каналах:

І. Земляні роботи:

Викопування траншей за допомогою екскаватора:

- у відвал;
- самоскид.

Рівнювання дна та укладання нахилів траншей вручну.

Встановлення огорожі для безпеки на території траншей.

Встановлення переходів для переходу через траншеї.

II. Монтаж залізобетонних конструкцій (ЗБК):

- монтаж лотків у непрохідних каналах;
- складання теплофікаційних камер зі збірних залізобетонних конструкцій;
- монтаж нерухомих опор.

III. Монтаж трубопроводів:

- укладання трубопроводів у непрохідних каналах;
- прокладання трубопроводів без використання каналізаційних труб;

IV. Випробування:

- проведення гідравлічних випробувань.

V. Теплова ізоляція трубопроводів:

- Запобігання теплових втрат шляхом ізоляції стиків трубопроводів за допомогою повнозбірних теплоізоляційних конструкцій.

VI. Монтаж верхніх компонентів залізобетонних каналів та теплових камер.

VII. Виконання земляних робіт:

- ручне засипання траншей;
- засипання траншей за допомогою бульдозера.;
- демонтаж огорожі та перехідних мостів.

Укладання трубопроводів

Після виконання робіт по виїмці грунту та підготовці траншеї переходимо до монтажу та укладання трубопроводу. Ця операція може виконуватися одночасно з етапом земляних робіт. Прямі ділянки трубопроводу певної довжини, які вже монтовані на площадці, заносимо в підготовлену траншею за допомогою спеціальних піднімальних механізмів, з урахуванням вимог щодо безпечного розгрузання та завантаження попередньо ізольованих труб та елементів. Під трубопроводами, які монтуємо на площадці або в траншеї, розташовуємо дерев'яні бруски або мішки з піском. Трубопроводи з діаметром до 89 мм, виготовлені зі сталевої труби, зручно монтувати на площадці поруч з траншеєю, а потім опускати їх в траншею за допомогою великих відрізків, розташованих на підготовленій піщаній подушці. При монтажі трубопроводів з сигналізаційними провідниками важливо враховувати правильне їхнє розташування над сталевою трубою у положенні "за десять друга" [16].

У більшості випадків, коли потрібно монтувати трубопроводи, необхідно розрізати попередньо ізольовану трубу. Розрізати її можна на відрізки будь-якої довжини, але не менше 1,0 метра.

Процес розрізування попередньо ізольованої труби зазвичай проводиться таким чином [16]:

- почніть з точного вимірювання потрібної довжини відрізка та позначте лінію розрізу сталевої труби на захисній поліетиленовій оболонці;
- здійсніть вимір по 0,22 метра в обидва боки від лінії розрізу металевої труби і позначте на захисній трубі лінію розрізу.
- обережно розріжте захисну трубу по лінії розрізу за допомогою пилки

Перед проведенням розрізання, слід дотримуватися наступних кроків для уникнення пошкодження сигналізаційних провідників:

- зробіть поздовжній розріз на ділянці, що вирізується, для видалення частини захисної труби;
- зніміть частину захисної труби обережно, щоб уникнути пошкодження провідників, і видаліть пінополіуретанову теплоізоляцію;
- переріжте сигналізаційні провідники посередині ділянки обережно;
- використовуючи відповідний інструмент, розріжте сталеву трубу і підготуйте торці для подальшого зварювання.

Зварне з'єднання попередньо ізольованих елементів

Перед початком зварювальних робіт важливо очистити непокриті кінці сталевих труб від пилу, бруду та жирів.

Під час виконання зварювальних робіт газозварюванням або пайкою необхідно захистити торці пінополіуретанової ізоляції та сигнальні провідники від впливу високої температури за допомогою спеціальних захисних щитків. Пінополіуретанова ізоляція, якщо нагрівається до високої температури, може розкладатися, що призводить до виділення токсичних речовин. Зварювання сталевої труби повинно виконувати висококваліфікований зварник з дотриманням всіх вимог техніки безпеки [16].

Під час зварювання враховується марка сталі труби та її товщина стінок.

Після завершення зварювальних робіт обов'язково проводиться контроль якості зварних швів згідно з проектною документацією. Це може включати гідравлічні випробування, радіографічний або ультразвуковий контроль швів. Після проведення контролю складається протокол перевірки, який фіксує результати оцінки якості зварних з'єднань.

Якщо під час контролю виявлені дефекти в зварних швах, їх усувають, а потім проводиться повторний контроль якості зварних з'єднань, щоб переконатися у відсутності дефектів.

Ізоляція зварних з’єднань

Технологія безканальної прокладки попередньо ізольованих труб та елементів теплових мереж дозволяє зменшити обсяг теплогідроізоляційних робіт на будівельному майданчику, концентруючись лише на теплогідроізоляції зварних з'єднань та гідроізоляції кінців трубопроводу.

Теплогідроізоляція зварних з'єднань виконується лише після випробування всіх зварних швів та виправлення виявлених дефектів. Для цього використовується твердий пінополіуретан, який утворюється під час змішування двох рідких компонентів пінополіуретанової системи. Реакція цих компонентів призводить до утворення твердого поліуретанового пінопласту з властивостями теплоізоляції.

Щодо гідроізоляції зварних з'єднань, використовується поліетиленова насадочна муфта разом із вузькою гідроізоляційною термоусадковою стрічкою з термоклеєм.

Загальні вимоги згідно з [3]:

- місце в траншеї, де здійснюється теплогідроізоляція зварного з'єднання, повинно мати такі характеристики: сухе, відкрите, доступне та широке;
- труба, яка має бути ізольована, повинна бути сухою і підданою очищенню від будь-яких забруднень, включаючи бруд і іржу;
- під час зварювання сталевих труб необхідно забезпечити захист пінополіуретанової ізоляції від впливу високої температури, використовуючи спеціальний захисний щиток;
- після зварювання сталевих труб необхідно провести гідравлічні випробування зварних з'єднань, щоб перевірити їхню надійність і герметичність.

Порядок ізоляції зварних з'єднань полягає в таких етапах:

1. Підготовка зварного з'єднання, включає очищення і підготовку поверхонь.
2. Установлення поліетиленової оболонки навколо з'єднання.
3. Заповнення пінополіуретановою системою.
4. Встановлення термоусадкової стрічки та її закріплення.

У будівельному виробництві необхідно дотримуватися правил безпеки, зокрема, обмежувати кількість горючих матеріалів та вчасно видаляти легкозаймисті рідини. Також важливо уникати накопичення матеріалів, які можуть викликати пожежу.

Засипання траншеї

Перед завершенням засипання, трубна система підлягає остаточному огляду з боку представників власника та підрядника. Засипка траншеї виконується шарами, які потребують повного ущільнення перед наступним етапом. Якщо використовується механічне ущільнення, засипка проводиться шарами, не більше 300 мм товщиною, з подальшим ущільненням. При ручному ущільненні товщина кожного шару не перевищує 150 мм.

5.2 Організація будівельно-монтажних робіт

Будівельно-монтажне виробництво - це складний процес, що включає в себе різноманітні роботи, які виконуються різними учасниками, такими як замовники, проектувальники, будівельники та постачальники матеріалів. Головна мета цих робіт - виготовлення готової будівельної продукції. Успішне виконання цього завдання залежить від ефективності організації виробництва та управління виробничими процесами [14].

Основна мета організації будівельного виробництва - це сполучення інструментів та обладнання для досягнення максимальної продуктивності праці.

Організація праці має забезпечити високу продуктивність, вчасне виконання завдань, необхідну якість будівельних робіт та безпечні умови праці. Ці аспекти становлять важливу частину організаційних рішень щодо будівництва та технологій виконання робіт. Вони розглядаються в рамках проекту організації будівництва та проекту виконання робіт і визначають планування та управління будівельним процесом [15].

У проекті організації будівництва передбачається належне розподілення та оптимізація всіх робіт, що входять до його складу [15].

Вихідними даними для розробки є проектно-кошторисна документація, часові рамки робіт та чинні норми та правила з охорони праці. У проекті виробництва робіт визначаються такі аспекти:

- послідовність виконання робіт;
- терміни виконання;
- методи виробництва;
- необхідність матеріалів;
- терміни їх поставки;
- потреба в робочій силі та транспортних засобах.

5.2.1 Складання календарного плану монтажних робіт та побудова лінійних графіків

Розпорядження будівельно-монтажних робіт для конкретного об'єкта має дві складові: розрахункову ліву частину та графічну праву [14].

Процес розробки календарного плану включає наступні етапи:

- визначення переліку та обсягу робіт, вибір методів виробництва для кожного виду робіт та вибір необхідних механізмів для їх виконання;
- розрахунок трудомісткості робіт та встановлення кількості змін, необхідних для їх виконання;

- вибір послідовності та тривалості кожного виду робіт з урахуванням технологічних особливостей;
- визначення складу робочих бригад та формування ланцюгів виробництва;
- встановлення відсотку виконання норм виробітку;
- складання графічної правої частини календарного плану.

План робіт складають послідовно, враховуючи їхню логічну послідовність, при цьому подібні роботи об’єднуються, а їхній обсяг підсумовується та представляється у вигляді однієї лінії. Час виконання та витрати машинного часу розраховуються за нормативами, з урахуванням можливого підвищення продуктивності. Вибір обладнання та механізмів для будівництва теплових мереж залежить від обсягу робіт та умов. Графік виконання робіт відображає послідовність технологічного процесу, де кожній роботі відповідає лінія з довжиною, що відображає тривалість. Над кожною лінією вказується кількість працівників, задіяних у виконанні робіт. Після складання календарного плану проводиться аналіз техніко-економічних показників, що дозволяє оцінити доцільність та ефективність рішень [14].

5.2.2 Вибір методу організації будівельно-монтажних робіт

Під час будівництва зовнішніх теплових мереж застосовується потоковий метод. За цим методом весь обсяг будівельних робіт поділяється на ряд ділянок, які називають захватками. Роботи, що потрібно виконати, розділяються на окремі цикли, що мають приблизно однакову трудомісткість. Кожна бригада, виконуючи свій цикл робіт, почергово переходить з однієї захватки на іншу. Захватка представляє собою частину будівельного об’єкта, де виконуються різні будівельно-монтажні та спеціалізовані роботи, і де координується робота окремих бригад виконавців. При будівництві лінійних об’єктів використовується поняття "умовна захватка", яке описує ділянку лінійної споруди, де проводиться комплекс будівельних та монтажних робіт.

Залежно від ритмічності виконання робіт потоки можуть бути ритмічними або неритмічними [14].

Ритмічні потоки відрізняються тим, що у них робота кожної бригади має однаковий ритм на всіх захватках. Їх можна поділити на рівноритмічні та різноритмічні, залежно від того, чи однакові між собою кроки потоку та ритм роботи бригад. У рівноритмічних потоках ритми роботи окремих бригад і кроки потоку однакові, тоді як у різноритмічних ритми можуть відрізнятися, що призводить до різних кроків потоків. Неритмічні потоки характеризуються тим, що ритми роботи кожної бригади відрізняються і можуть бути неоднаковими на кожній захватці, що призводить до різних кроків потоків [14].

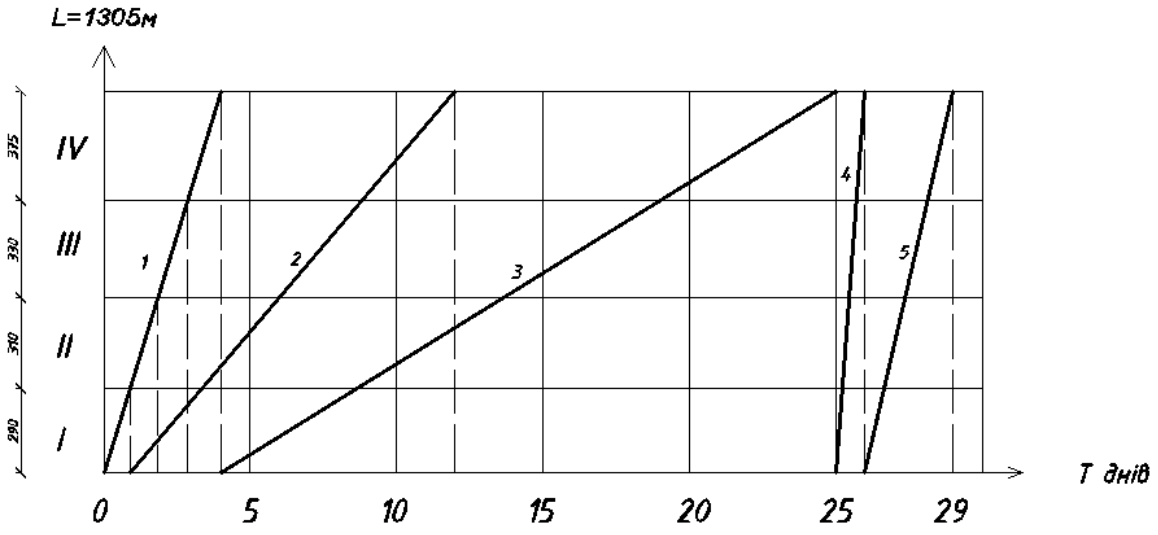

Рис. 5.1 Графік різноритмічного потоку

1 – земляні роботи;

2 – монтаж нижніх елементів залізобетонних конструкцій лоткових каналів та теплових камер;

3 – монтаж трубопроводів, обладнання, арматури, ізоляція стиків, гідравлічні випробування;

4 – монтаж верхніх елементів ЗБК, гідроізоляційні роботи;

5 – земляні роботи.

Циклограма показує, що для виконання деяких процесів бригади працюють за одним ритмом, тоді як для інших, через їх вищу трудомісткість, бригади працюють за більш швидким темпом. Загальний термін виконання робіт складає 29 днів.

Розділ 6

Охорона праці

6.1 Аналіз проекту по небезпечним та шкідливим факторам на період монтажу систем теплопостачання

Таблиця 6.1 – Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

№	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Джерело, види робіт	Кількість, оцінка	Норматив
1	2	3	4	5
1	Обвалення ґрунту	Земляні роботи	ґрунт - супісок. Глибина траншеї h=3,0м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.10
2	Падіння людей з висоти	Земляні роботи	Н=3,0м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.10
3	Падіння предметів з висоти	Монтажні роботи	Н=3,0м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.14
4	Електричний струм	Електрозварю-вальні машини, робоче освітлення	U=380В/220В	ДСТУ Б А.3.2-13:2011 НПАОП 40.1-1.21-98
5	Вантажопідіймальні машини	Переміщення матеріалів, конструкцій, тощо	небезпечна зона роботи трубоукладчика $R_{н.з}$=16м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.8
6	Шум	Експлуатація машин і механізмів	Рівень <85 дБ	ДСН 3.3.6.037-99

1	2	3	4	5
7	Освітлення	Освітлення ІТП	2 лк	ДБН В.2.5-28-2018
8	Незадовільні параметри мікроклімату	Монтаж, експлуатація систем	Температура t=16-18°С, вологість, φ=40-60%, рухливість повітря, v=0,3м/с	ДСН 3.3.6.042-99
9	Атмосферна електрика	Блискавко-захист	Середнє число ударів на 1км^2 – 5,5 , категорія ІІ	ДСТУ EN-62305-3:2021
10	Термічний фактор	Зварювальні роботи	$t_{зварки}$=1200°С	ДБН А.3.2-2-2009
11	Пожежна небезпека	Котельня	Категорія пожежонебез-печності – В	ДБН В.1.1-7:2016 ДБН В.1.2-7:2008 ДСТУ Б.В.1.1-36:2016

6.2 Заходи профілактики виявлених шкідливих та небезпечних факторів

В період виконання будівельно-монтажних робіт:

Земляні роботи

Для уникнення можливого зсуву ґрунту під час виконання робіт у траншеях зазвичай використовуються відкоси. У випадках, коли наявність інших підземних комунікацій ускладнює застосування відкосів, розглядається можливість використання траншеї без них і з вертикальними стінками. Ось основні етапи та вимоги для цього:

Оцінка ситуації: Перевірка можливості створення траншеї з відкосами або без них, враховуючи наявність інших комунікацій.

Місцезнаходження траншеї: Визначення відстані від краю відкосу до середини транспортного руху, яка забезпечує безпеку від зсуву ґрунту.

Перевірка безпеки: Перед входом працівників у виїмки глибиною понад 1,3 метра необхідно переконатися у стійкості укосів або надійності кріплення стінок виїмки. Це проводиться особою, відповідальною за безпеку земляних робіт [17].

Падіння людей з висоти

Коли мова йде про котловани та траншеї, що викопуються на вулицях, проїздах та в дворах населених пунктів, а також у місцях, де рух людей або транспорту є загрозливим, обов'язково встановлюють захисні огорожі. На цих огорожах також розміщують попереджувальні знаки та написи, а в нічний час забезпечують сигнальне освітлення. Під час вибору засобів для підйому вантажів надається перевага пристроям з дистанційним розстропуванням. У деяких місцях також встановлюють перехідні містки для безпечного проходу людей через траншеї, які також освітлюються вночі. Перед впусканням робітників у котловани або траншеї з глибиною більше 1,3 метра обов'язково перевіряється стійкість відкосів або кріплення стін.

Падіння предметів з висоти

Для безпечного переміщення вантажів використовуються стропи, які забезпечують надійне утримання та запобігають падінню чи ковзанню вантажу. Важливо дотримуватися вимог щодо експлуатації вантажопідйомних механізмів, стропів та вантажозахватних пристроїв. При проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт необхідно:

- виконувати роботи відповідно до технологічних карт та проекту виконання робіт;
- оснащувати місця проведення робіт знаками безпеки ;
- дотримуватися затвердженої схеми руху транспортних засобів на майданчику;
- проводити стропування вантажів у відповідності з нормативними документами;
- Позначати на майданчику межі штабелів, проходів та проїздів для вкладання вантажів.
- під час будівництва заборонено виконувати роботи, коли люди перебувають в місцях, де буде проводитися переміщення або установка елементів збірних конструкцій чи устаткування. Також заборонено підіймати елементи конструкцій, які не мають монтажних петель або міток для правильного стропування та монтажу. Елементи конструкцій, що монтуються, утримуються під час переміщення для запобігання розгойдуванню.

Під час будівництва обов'язково дотримуватися правила, які забороняють виконання робіт у тих місцях, де перебувають люди над місцями переміщення або встановлення елементів збірних конструкцій чи устаткування. Також заборонено піднімати збірно-розбірні конструкції без наявності монтажних петель або міток, які необхідні для їх правильного стропування та монтажу. Під час переміщення елементів конструкцій, які монтуються, їх утримують, щоб запобігти розгойдуванню.

Електричний струм

Для безпечного підведення зварювального струму до електроутримувачів і горілок для дугової зварки необхідно використовувати ізольовані гнучкі кабелі, придатні для роботи при максимальних електричних навантаженнях та тривалості циклу зварювання.

З'єднання зварювальних кабелів зазвичай проводяться опресовуванням, зварюванням або паянням. Кабелі повинні бути підключені до зварювального обладнання за допомогою опресованих або припаяних кабельних наконечників.

Для уникнення травматичних уражень від електричного струму передбачається заземлення (занулення) машин і механізмів з електроприводом.

Тимчасові електропроводки виконуються ізольованим проводом, розташованим на опорах на відповідній висоті над робочими місцями та проїздами.

При прокладці або переміщенні зварювальних дротів необхідно переконатися, що їх ізоляція не пошкоджена і вони не мають контакту з водою, маслом, сталевими канатами чи гарячими трубопроводами. Дистанція від зварювальних дротів до гарячих трубопроводів і балонів з киснем повинна бути не менше 0,5 м, а до газових трубопроводів, що містять горючі гази, - не менше 1 метра.

Підіймальне обладнання і машини

Перед розпочатком роботи з використанням машин керівник робіт повинен визначити:

- Схему руху машин та їх розташування.

- Місця і методи заземлення машин з електроприводом.

- Системи взаємодії та сигналізації між машиністом (оператором), сигнальником та обслуговуючим персоналом.

- Розташування сигнальника, якщо це необхідно.

- Належне освітлення робочої зони.

Також заборонено залишати машини з працюючим двигуном без нагляду.

Під час експлуатації машин необхідно вживати заходів, які убезпечують їх від перекидання або ненавмисного зсуву через вплив вітру або ухилу місцевості. Монтаж (демонтаж) машин має здійснюватися відповідно до інструкції заводу-виробника та під керівництвом відповідальної особи за технічний стан машини. Зона монтажу повинна бути або захищеною, або позначеною відповідними знаками безпеки та попереджувальними написами. Недопустимо виконувати монтажні роботи в умовах ожеледиці, туману, снігопаду, грози або за температур пониженого повітря чи швидкості вітру, які перевищують параметри, вказані у паспорті машини [17].

Виробничий шум

Шум механічного походження виникає внаслідок вібрації машин та обладнання, а також ударів у з'єднаннях деталей. Його негативний вплив може викликати професійні захворювання. Максимально допустимий рівень шуму становить 85 дБ. Системи, що викликають вібрації та інші типи шуму, повинні регулярно перевірятися на відповідність шумовим стандартам і не повинні перевищувати встановлені норми.

Шкідливі речовини

Під час виконання ізоляційних робіт з використанням матеріалів, які можуть вибухнути або виділяти шкідливі речовини, важливо забезпечити безпеку працюючих від можливих негативних наслідків. Це включає захист від шкідливих речовин та запобігання термічним і хімічним опікам.

У разі проведення ізоляційних робіт у закритих приміщеннях, необхідно забезпечити належне провітрювання, щоб уникнути накопичення шкідливих випарів або газів. Електроосвітлення в цих приміщеннях має бути здійснене від мережі з напругою не вище 12 В, арматура повинна бути вибухобезпечною, щоб уникнути можливості загоряння чи вибуху.

Для запобігання отруєнню шкідливими речовинами під час проведення ізоляційних робіт, можна використовувати пересувні пристрої для вентиляції теплофікаційних камер.

Метеорологічні умови

Не рекомендується проводити монтажні роботи на висоті у відкритих місцях за умов швидкості вітру 15 м/с і більше, а також при наявності ожеледі, грози або туману, які знижують видимість в межах фронту робіт. Пересування і установка вертикальних панелей та аналогічних конструкцій з великою поверхнею для опору вітру рекомендується припиняти при швидкості вітру 10 м/с і більше.

Термічний фактор

Місце, де проводяться роботи з електрозварювання, має бути вільне від горючих матеріалів на відстані не менше 5 метрів. Від вибухонебезпечних речовин і установок, таких як газові балони чи газогенератори, відстань повинна бути 10 метрів.

Виконання робіт з відкритим полум'ям апаратів, різання та нагрівання трубопроводів, які містять під тиском рідини або гази, заборонено без попереднього узгодження заходів безпеки з експлуатуючою організацією.

Під час робіт усередині закритих контейнерів або порожнин конструкцій, необхідно забезпечити вентиляцію. Швидкість повітря в межах контейнера має залишатися в межах 0,3 – 1,5 м/с. Для зварювання з використанням зріджених газів, таких як пропан чи бутан, витяжна вентиляція повинна здійснюватися знизу [17].

Атмосферна електрика

Блискавка може створювати безпосередню небезпеку, призводячи до пожеж, механічних пошкоджень, травм та навіть загибелі людей, а також пошкоджень електричного і електронного обладнання. Внаслідок удару блискавки можуть виникнути вибухи і виділення небезпечних речовин.

Система захисту від блискавки для будівель або споруд включає дві основні складові: захист від прямого удару блискавки (ПУБ) - зовнішня блискавкозахисна система (БЗС), і захист від вторинних ефектів блискавки - внутрішня БЗС. Зовнішня БЗС може бути змонтована на споруді або окремо від неї на спеціальних конструкціях. Якщо на будівлі існують спеціальні газовідвідні труби для відведення газів у вільне середовище, до зони захисту блискавковідводів включається простір над обрізом труби, обмежений півкулею радіусом 5 метрів. Зовнішня БЗС зазвичай включає в себе блискавкоприймачі, струмовідводи та заземлювачі [18].

Пожежна безпека

Для забезпечення пожежної безпеки та вибухозахисту об'єктів важливо правильно вибирати ступінь вогнестійкості об'єкту та межі вогнестійкості окремих елементів і конструкцій. Також важливо обмежити поширення вогню у разі виникнення пожежі, використовуючи системи активного придушення вибуху і протидимного захисту, а також застосовуючи легкоскидні конструкції. Додатково важливо встановлювати засоби пожежної сигналізації та сповіщення, а також організувати пожежну охорону об'єкта.

Під час проектування об'єкта визначається потреба в первинних засобах пожежогасіння. Крім того, будинки і споруди, включаючи котельні, повинні бути обладнані протипожежним водопостачанням, засобами виявлення та гасіння пожежі. Для пожежної безпеки в котельні також передбачається автоматичне припинення подачі газоподібного та рідкого палива в разі виникнення несправностей [7].

6.3 Визначення стійкості трубоукладчика

При розрахунку кранів на стійкість потрібно визначити:

1. Коефіцієнт вантажної стійкості без розрахунку додаткових навантажень:

$$K_{вант.\ стійк.} = MG/MQ > 1.4 \qquad (6.1)$$

2. Коефіцієнт вантажної стійкості з розрахунком додаткових навантажень:

$$K_{вант.стійк.} = ((MG - (Mw^{K} + Mw'^{2}\, My + Mu \cdot My^{2} + My^{L}) / MQ > 1.15 \qquad (6.2)$$

3. Коефіцієнт власної стійкості:

$$K_{вл.стійк.} = (MG' / MW`) > 1.15 \qquad (6.3)$$

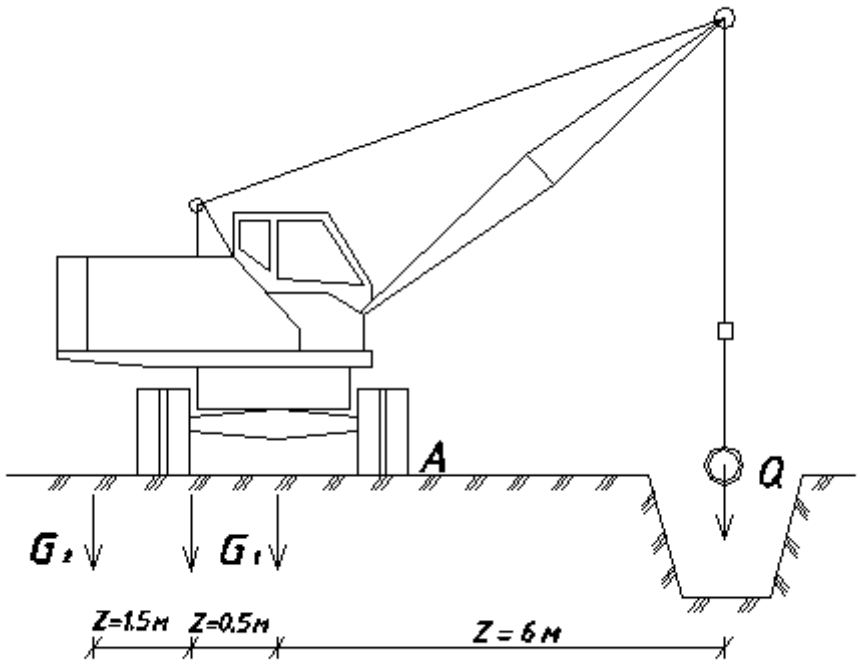

Рис. 6.1 Навантаження при роботі трубоукладчика

І. Визначення допустимого навантаження на стрілу при $К_{ван.ст.}$<1,4 без розрахунку додаткового навантаження.

Вихідні дані:

$G_1 = 10500$ кг

$G_2 = 630$ кг

$Z = 6,0$ м Трубоукладчик типу ТГ-61

$Z_1=1,5$м

$Z_2=0,5$м

З формули отримуємо:

$$MG/MQ=1,4 \text{ - або } ((Z_1G_1+(Z_1+Z_2)\ G_2))/Z\ Q =1,4 \qquad (6.4)$$

Звідки

$$Q<((0,5\cdot10,5\cdot10^3+(1,5+0,5)\cdot 630))/1,4\cdot6=775кг$$

Розрахунок проводимо при максимальному вильоті стріли.

II. Визначаємо допустиме навантаження Q при розрахунку додаткових навантажень.

Розрахунок проводимо при максимальному вильоті стріли

Вихідні дані:

$Z = 6{,}0$ *м* $G_1 = 10500$ *кг*

$Z_1 = 1{,}5$ *м* $G_2 = 630$ *кг*

$Z_2 = 0{,}5$ *м* $Pw^к = 200$ *кг*

Визначаємо моменти:

$$MG = G_1 + Z_2 \cdot \cos\alpha + G_2 - (Z_1 + Z_2) \cdot \cos\alpha \qquad (6.5)$$

$$MG = 10500 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}1 \cdot 630 - (1{,}5 + 0{,}5) \cdot 0{,}1 = 1154{,}8 \text{ кг·м}$$

$$Mw^к = Pw^к + h_{ут} = 200 \cdot 0{,}5 = 100 \text{ кг·м}$$

$$1{,}15 = (1154{,}8 - 100 - 88) / Z \cdot Q;$$

звідки $$Q = 966{,}8 / 1{,}15 \cdot 6 = 140 \text{ кг}$$

III. Визначаємо власну стійкість:

Вихідні дані:

$Pw = 200$ *кг* $Z_3 = 0{,}5$ *м*

$G_1 = 10500$ *кг* $Z_4 = 1{,}0$ *м*

$G_2 = 630$ кг $h_{ут} = 1,0$ м

$$K_{вл.ст} = ((G_1 \cdot Z_3 + (Z_3 + Z_4) \cdot G_2))/ Pw \cdot h_{ут}\ ; \quad (6.6)$$

$K_{вл.ст} = ((10500 \cdot 0,5+(0,5+1,0) \cdot 630))/200 \cdot 1,0=1.19>1.15$

Висновок: Допустиме навантаження при максимальному вильоту стріли для трубоукладчика типу ТГ-61 складає 2200кг.

6.4 Визначення розміру небезпечної зони при роботі трубоукладчика

Небезпечна зона при експлуатації вантажопідйомних машин охоплює простір, в якому можуть рухатися як сама машина, так і перевозимий вантаж, враховуючи можливість відльоту вантажу у разі його падіння. Розміри цієї зони залежать від технічних параметрів машини (таких як радіус дії стріли, висота підйому), а також від конфігурації шляхів руху машини та габаритів перевозимих вантажів [19]. Для трубоукладчика розмір небезпечної зони визначається за формулою:

$$R_{неб.з.}=R_{max}+n+S \quad (6.7)$$

R_{max} – максимальний виліт стріли, м

n – півдовжини труби,

S – відліт елементу що монтується, при висоті підйому, до 10 м.

$$R_{неб.з}=6+5+5=16м.$$

Висновок

У моїй дипломній роботі обговорено основні стратегії створення енергоефективних систем теплопостачання для житлових будівель. Впровадження цих стратегій сприяє більш ефективному використанню енергетичних ресурсів і сучасного обладнання, що призводить до підвищення загальної продуктивності всієї системи теплопостачання.

Один з ключових методів для оптимізації системи полягає у зменшенні тепловтрат у тепловій мережі. У моєму проекті ми використовуємо попередньо ізольовані трубопроводи, що дозволяє зменшити втрати тепла і забезпечити тривалий термін служби системи. Також, завдяки власній котельні, розташованій неподалік від споживачів, ми зменшуємо довжину магістральних і розподільчих трубопроводів, що веде до зниження витрат на транспортування теплоносія і тепловтрат.

Важливими компонентами енергоефективної системи є заходи з енергозбереження в житлових будівлях, такі як установка ІТП, сучасних вікон, утеплення стін і встановлення терморегуляторів на опалювальних приладах. Ці заходи допомагають оптимізувати обсяги теплопостачання та зменшити витрати енергії.

Також, встановлення ІТП з автоматичним регулюванням дозволяє ефективно використовувати теплову енергію в залежності від погодних умов. Частотне регулювання насосної групи допомагає зменшити витрати на електроенергію та підвищити термін служби обладнання.

Всі ці заходи спрямовані на підвищення енергоефективності системи теплопостачання і зменшення споживання енергії.

Список використаної літератури

1. Єнін П. М. Теплопостачання (частина І «Теплові мережі і споруди») / П.М.Єнін, Н.А.Швачко // – Київ: Кондор, 2007. – 241с.
2. ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія, – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. –123с.
3. ДСТУ Б В.2.5-31:2007 Трубопроводи попередньо теплоізольовані спіненим поліуретаном для мереж гарячого водопостачання та теплових мереж, – Київ: МінБуд України, 2007. –93с
4. Централізоване теплопостачання міста: Методичні вказівки до курсового проекту/Уклад.: Худенко А.А., Швачко Н.А, Лисицький М.Ф., Приймак О.В. – К.: КНУБА, 2003. – 52с.
5. Ковальчук В. А. Теплопостачання: Навчальний посібник./ В.А.Ковальчук, Т.С.Мацнєва // – Рівне: НУВГП, 2013. –300с.
6. ДБН В.2.5 – 39:2008 “Теплові мережі”, – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009 – 56с.
7. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні, – Київ: Мінрегіонбуд, 2014. – 54с.
8. Закон України № 2633-IV „Про теплопостачання” від 02.06.2005 р.
9. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. Под ред. инж. А. А. Николаева, – М.: 1965. – 360с.
10. Пирков В. В. Сучасні теплові пункти . Автоматика та регулювання . – К.: ІІ ДП «Такі справи», 2008. – 252с.
11. Степанов Д. В. Котельні установки промислових підприємств: навчальний посібник/ Д.В. Степанов, Є.С. Корженко, Л.А.Бондар.// – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 120с
12. Державна служба статистики України – Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітрявід використання палива.

https://ukrstat.org/uk/metod_polog/metod_doc/2011/98/metod.htm

13. ДСТУ Б А.2.4-3:2009 Правила виконання робочої документації технологічних процесів, – Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 2009. –56с.
14. Степанов М. В. Організація будівельно-монтажних робіт: навчальний посібник / М.В. Степанов, А.С. Ваколюк.// – К.: КНУБА, 2011. – 88с.
15. ДБН А.3.1-5-2009 Організація будівельного виробництва, – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 67с.
16. Інструкція з виконання вантажно-розвантажувальних, земляних та монтажних робіт попередньо ізольованих труб та їх елементів, – Львів: Енергоресурс Інвест, 2017. – 12с.
17. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві, – Київ.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. – 94с.
18. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд, – Київ.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. – 54с.
19. Организація і планування будівництва. В.М. Майданов та ін. – К.: Урожай, 1993. – 432 с.
20. ДСТУ Б.А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні, – Київ.: Мінрегіон України, 2015. – 145с.
21. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей. Навчальний посібник. За редакцією В.В. Сафонова - К.: Основа, 2011. - 480с.
22. ДБН А.3.2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Наказ від 27.01.2009 № 45 Про затвердження державних будівельних норм.