

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА ЕКОЛОГІЇ**

Кафедра теплотехніки

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

на тему:

Теплопостачання медичного містечка в Київській області

Видрич Руслан Васильович

Київ – 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології  
(факультет)

Теплотехніки  
(назва випускової кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА  
Теплопостачання медичного містечка в Київській області  
(назва)**

Виконав Видрич Руслан Васильович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

192 Будівництво та цивільна інженерія  
(спеціальність)

Теплогазопостачання та вентиляція  
(освітня програма)

Група ТВс-22

Керівник Чепурна Н.В.  
(прізвище та ініціали)

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

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: Теплогазопостачання та вентиляції

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я**

**ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Видрич Руслан Васильович

1. Тема роботи Теплопостачання медичного містечка в Київській області  
затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року
2. Керівник роботи  
доцент, к.т.н. Чепурна Наталья Володимирівна
3. Строк подання студентом роботи до захисту 20.06.2025
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
  - P.1. Характеристика та вихідні дані.
  - P.2. Опис та вибір схеми теплопостачання.
  - P.3. Розрахунок теплових потоків та річної витрати теплоти.
  - P.4. Регулювання теплових потоків.
  - P.5. Гідравлічний розрахунок.
  - P.6. Монтажна схема теплової мережі.
  - P.7. Розрахунок теплової ізоляції.
  - P.8. Розрахунок компенсаторів теплової мережі.
  - P.9. Технологія та організація монтажних робіт.
  - P.10. Заходи з енергозбереження.
  - P.11. Охорона праці.

5. Графічний матеріал за розділами
- Р.1. Ситуаційний план
- Р.3. Графік теплового навантаження та витрат теплоносія. П'єзометричний графік
- Р.6. Монтажна схема №1 та №2. Канал марки: КЛ160-45, КЛ190-45
- Р.6. Вузли трубопроводів Теплофікаційні камери ТК1, 2, 6. Розрізи
- Р.5. Поздовжній профіль. Розрізи
- Р.9. Календарний та циклограма робіт
- Р.9. Монтажна схема технології монтажу ТМ

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Характеристика та вихідні дані	Травень 2025
Розділ 2. Опис та вибір схеми теплопостачання	Травень 2025
Розділ 3. Розрахунок теплових потоків та річної витрати теплоти	Травень 2025
Розділ 4. Регулювання теплових потоків	Травень 2025
Розділ 5. Гідрравлічний розрахунок	Травень 2025
Розділ 6. Монтажна схема теплової мережі	Червень 2025
Розділ 7. Розрахунок теплової ізоляції	Червень 2025
Розділ 8. Розрахунок компенсаторів теплової мережі	Червень 2025
Розділ 9. Технологія та організація монтажних робіт	Червень 2025
Розділ 10. Заходи з енергозбереження	Червень 2025
Розділ 11. Охорона праці	Червень 2025
Остаточне оформлення роботи	16.06. 2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	17.06 2025
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	20.06 2025
Направлення роботи на рецензування	20.06 2025

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 11	доц.Клімова І.В.		

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Кириченко М.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Чепурна Н.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Здобувач \_\_\_\_\_ Видрич Р.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП</b> .....	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ВИХІДНІ ДАНІ</b> .....	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 2. ОПИС ТА ВИБІР СХЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ</b> .....	<b>10</b>
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ ТА РІЧНОЇ ВИТРАТИ ТЕПЛОТИ</b> .....	<b>13</b>
3.1. Теплові потоки.....	14
3.2. Річні витрати теплоти.....	22
3.3. Розрахунок витрат теплоносія.....	23
<b>РОЗДІЛ 4. РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ</b> .....	<b>25</b>
4.1. Центральне якісне регулювання теплових потоків по навантаженню на опалення.....	26
4.2. Регулювання теплових потоків на гаряче водопостачання.....	29
4.3 Центральне якісне регулювання теплових потоків на вентиляцію.....	30
<b>РОЗДІЛ 5. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК</b> .....	<b>32</b>
<b>РОЗДІЛ 6. МОНТАЖНА СХЕМА ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ</b> .....	<b>37</b>
<b>РОЗДІЛ 7. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ</b> .....	<b>47</b>
<b>РОЗДІЛ 8. РОЗРАХУНОК КОМПЕНСАТОРІВ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ</b> .....	<b>55</b>
8.1. Розрахунок Г-подібного компенсатору .....	56
8.2. Розрахунок П-подібного компенсатору. ....	58
<b>РОЗДІЛ 9. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ</b> .....	<b>59</b>
<b>РОЗДІЛ 10. ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ</b> .....	<b>67</b>
<b>РОЗДІЛ 11. ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	<b>70</b>
11.1 Аналіз проекту по небезпечним та шкідливим факторам на період монтажу систем теплопостачання. ....	71
11.2. Заходи профілактики виявлених факторів в інших розділах проекту. ....	72
11.3. Визначення стійкості трубоукладчика. ....	74
11.4. Визначення розміру небезпечної зони при роботі трубоукладчика. ....	77
<b>Список використаної літератури</b> .....	<b>78</b>

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Теплопостачання – постачання тепла житловим, громадським і виробничим будівлям (спорудам) для забезпечення комунальних (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання) і технологічних потреб споживачів. Розрізняють місцеве та централізоване теплопостачання. Локальне (міськове) теплопостачання орієнтоване на одну або декілька будівель, централізоване – на житлову або виробничу групу.

В Україні найбільш поширеним є централізоване опалення (у зв'язку з цим термін «Теплопостачання» найчастіше вживається по відношенню до систем централізованого теплопостачання). Його головні переваги перед місцевим теплопостачанням – значне зниження витрат палива та експлуатаційних витрат (наприклад, за рахунок автоматизації котелень і підвищення їх ККД); можливість використання низькосортного палива; зниження ступеня забруднення атмосферного повітря та поліпшення санітарного стану населених пунктів.

В даній кваліфікаційній роботі проектується централізована система теплопостачання для забезпечення інженерних систем будівель медичного містечка в Київській області. В даній роботі виконані всі необхідні інженерні розрахунки згідно нормативної документації, підібрано необхідне устаткування та запроваджено заходи з енергозбереження. Особливу увагу приділено розділу з охорони праці в якому проведено аналіз по небезпечним та шкідливим факторам на період монтажних робіт системи теплопостачання, наведено заходи з профілактики виявлених небезпечностей та визначено розмір небезпечної зони при роботі трубоукладчика та його стійкість.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



Даним проектом передбачено розробка системи теплопостачання медичного містечка в Київській області. Для забезпечення кращої екологічної обстановки в даному районі передбачена централізована схема подачі теплоносія через водяні мережі.

Джерело теплопостачання - магістраль теплових мереж опалювальної котельні, з параметрами теплоносія - 135-70°C; з тиском в подавальному трубопроводі - 12.0 кгс/см<sup>2</sup> (1.177 МПа), у зворотному 4.5 кгс/см<sup>2</sup> (0,441 МПа). Якісне регулювання відпуску тепла.

Проектом передбачено підземне прокладання теплових мереж у попередньо тепло- та гідроізованих трубах. В обмежених умовах теплові мережі прокладаються в непрохідних каналах на нерухомих опорах. Компенсація температурних подовжень виконується за рахунок поворотів траси; сальникових та П-подібних компенсаторів.

Передбачено підземне прокладання теплових мереж в залізобетонних каналах. Ґрунти по трасі представлені це насипний ґрунт. Згідно вимог галузевого стандарту приймаються для трубопроводів теплових мереж попередньо-ізовані труби з захисною оболонкою з поліетилену.

Підключення систем опалення та вентиляції до тепломережі планується за незалежною схемою. Підключення місцевих систем гарячого водопостачання - незалежне, через водяні підігрівачі, під'єднані за двоступінчатою змішаною схемою.

Даним проектом вирішується питання реконструкції системи теплопостачання медичного містечка в Київській області

Система теплопостачання - закрита.

Розрахункові температури мережної води трубопроводу:

подавального - 135 °С, зворотного - 70 °С.

Ситуаційний план місцевості з схемою існуючих теплових мереж та вказаною точкою врізки згідно технічних умов.

Метод регулювання теплових потоків – 0.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Характеристика основних та допоміжних приміщень:

- Адміністративна будівля.....	2180 м <sup>3</sup>
- Медцентр.....	3115 м <sup>3</sup>
- Будівля №1 .....	7554 м <sup>3</sup>
- Будівля №2 .....	17016 м <sup>3</sup>
- Будівля №3 .....	17140 м <sup>3</sup>
- Будівля №4 .....	14551 м <sup>3</sup>
- Будівля №5 .....	57868 м <sup>3</sup>
- Оздоровчо-тренувальний комплекс.....	42506 м <sup>3</sup>
- Будівля №6 .....	15500 м <sup>3</sup>
- Будівля №7 .....	19502 м <sup>3</sup>
- Будівля №8 .....	6900 м <sup>3</sup>
- Будівля №9 .....	7193 м <sup>3</sup>

Згідно [1] тривалість опалювального періоду - 187 діб.

Середня температура опалювального періоду - - 1,1 °С.

Розрахункова температура на опалення - - 22 °С.

Нормативна глибина промерзання ґрунту- - 0,9 м.

Таблиця стояння температур зовнішнього повітря:

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
Київська	1	10	39	126	320	642	1225	1493	680	4488
обл	1	11	50	176	496	1138	2363	3856	4488	

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

**РОЗДІЛ 2.**  
**ОПИС ТА ВИБІР СХЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для системи теплопостачання теплоносієм використовуємо воду, яка має температуру від 135 до 70°C.

Джерело теплоти надходить з котельні через головні теплові лінії.

Прокладання тепломережі.

Система теплопостачання з водяними тепловими мережами працює від центрального теплового пункту до будівель по двох трубах (2-х трубна): Т1 - для подачі тепла(подавальний трубопровід) та Т2 - для повернення охолодженої води (зворотній трубопровід).

Трубопроводи розміщуються у закритих каналах, які складаються з двох елементів: лотка та плити перекриття, виготовлених із міцного бетону.

Ці структури мають наступні характеристики:

- ЗБВ цього типу мають високу морозостійкість, що дозволяє їх застосування у будь-яких регіонах.
- Вони відзначаються стійкістю до впливу вологи.
- Мають відмінну стійкість до продуктів гнилення, включаючи органічні сполуки.
- Володіють високою міцністю і тривалістю.
- Легкість у обслуговуванні та відсутність необхідності у частому ремонті.

Виконання та приймання робіт по тепловим мережам повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-39:2008. [2]

Конструктивні рішення елементів тепломережі.

Проект передбачає використання трубопроводів для системи теплопостачання, що виготовлені з високоякісних теплогідроізованих секцій, вироблених на заводі ВАТ «Завод сантехнічних заготовок» у місті Київ. Кожна секція складається зі сталеві труби, пінополіуретанової ізоляції та захисної оболонки з поліетилену високої густини. У теплоізоляційному шарі розміщені провідники для системи аварійної сигналізації.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вибору трубопроводів центрального опалення, арматури, а також для розрахунку міцності та визначення навантаження на опори використовуються наступні параметри теплоносія:

тиск - 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>),

температура - 135°С.

Всі трубопроводи та їх вузли повинні відповідати вимогам, встановленим у ДБН В.2.5-39:2008 "Теплові мережі" [2].

Для компенсації температурних подовжень використовуються кути повороту та П-подібні та кальникові компенсатори. Нерухомі лобові опори використовуються для фіксації окремих точок теплової мережі [3].

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 3.  
РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ ТА РІЧНОЇ  
ВИТРАТИ ТЕПЛОТИ**

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

### 3.1. Теплові потоки

#### Розрахункові залежності

Визначення теплового потоку на опалення будівель [3,4]:

$$Q'_{omax} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o), \text{Вт} \quad (3.1)$$

Де  $q_{on}$  – питома тепла характеристика на опалення, Вт/ (м<sup>3</sup>· °С);  
приймається в залежності від призначення будівлі та її об'єму;

$t_e$  – середня температура внутрішнього повітря будівлі, °С; для всіх приміщень приймаємо +18 °С;

$t'_o$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, °С; для м. Київ приймаємо  $t'_o = -22^\circ\text{C}$ .

$a_i$  – коефіцієнт, який враховує витрату теплоти на підігрівання зовнішнього повітря, яке надходить в будівлю за рахунок інфільтрації через нещільності в огороженнях; приймається  $a_i = 1,05 - 1,1$ ;

$\beta_t$  – температурний коефіцієнт, який враховує різні кліматичні зони та використовується, коли розрахункова температура зовнішнього повітря відрізняється від -30°С; при  $t'_o = -22^\circ\text{C}$  приймається  $\beta_t = 1,134$ ;

$V_3$  – об'єм будівлі за зовнішніми обмірами, м<sup>3</sup>.

Визначення теплового потоку на вентиляцію будівель [3,4]:

$$Q'_{vmax} = q_e \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o), \text{Вт} \quad (3.2)$$

$q_e$  – питома тепла характеристика будівлі на вентиляцію, Вт/ (м<sup>3</sup>· °С);  
розраховується в залежності від призначення будівлі та її об'єму.

Визначення теплового навантаження на гаряче водопостачання для громадських будівель:

Визначаємо середнє теплове навантаження на гаряче водопостачання в опалювальний період для громадських будівель [4]:

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6}, \text{Вт} \quad (3.3)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Де  $m$  – кількість відвідувачів (мешканців);

$t_h$  – температура гарячої води, приймається  $60^\circ\text{C}$ ;

$t_c$  – температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період, приймаємо рівною  $5^\circ\text{C}$ ;

$c$  – теплоємність води, приймаємо  $c=4,187\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})=1,16\text{ Вт}$ ;

$Q_T$  – розрахункові (питомі) середні за рік добові витрати води, л/доб на одиницю виміру, приймаємо  $90\text{ л/доб}$  для будівель;

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

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

На гаряче водопостачання максимальний тепловий потік:

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm}, \text{ Вт} \quad (3.5)$$

Приймаємо коефіцієнт годинної нерівномірності  $\kappa_2 = 2,4$ .

#### Розрахунок

Визначаємо теплове навантаження будівлі №1:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 1,05 \cdot 0,42 \cdot 1,134 \cdot 7554 \cdot (18 - (-22)) = 151110,80 \text{ Вт} = 151,11 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_g \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 0,33 \cdot 7554 \cdot (18 - (-22)) = 99714,38 \text{ Вт} = 99,71 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 107 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} = 8505,05 \text{ Вт} = 8,51 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 1806,69 = 4336,05 \text{ Вт} = 4,34 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплове навантаження будівлі №2:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 1,05 \cdot 0,35 \cdot 1,134 \cdot 17016 \cdot (18 - (-22)) = 283661,32 \text{ Вт} = 283,66 \text{ кВт}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q'_{v\max} = q_g \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 0,29 \cdot 17016 \cdot (18 - (-22)) =$$

$$= 197931,17 \text{ Вт} = 197,39 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 227 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} =$$

$$= 18094,19 \text{ Вт} = 18,09 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 18094,19 = 43426,06 \text{ Вт} = 43,43 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплове навантаження будівлі №3:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 1,05 \cdot 0,35 \cdot 1,134 \cdot 17140 \cdot (18 - (-22)) =$$

$$= 285728,21 \text{ Вт} = 285,73 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_g \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 0,29 \cdot 17140 \cdot (18 - (-22)) =$$

$$= 198829,45 \text{ Вт} = 198,83 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 217 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} =$$

$$= 17266,77 \text{ Вт} = 17,27 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 17266,77 = 41440,24 \text{ Вт} = 41,44 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплові навантаження будівлі №4:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 1,05 \cdot 0,35 \cdot 1,134 \cdot 16511 \cdot (18 - (-22)) =$$

$$= 275235,73 \text{ Вт} = 275,24 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_g \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 0,29 \cdot 16511 \cdot (18 - (-22)) =$$

$$= 191528,06 \text{ Вт} = 191,53 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 236 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} =$$

$$= 18810,79 \text{ Вт} = 18,81 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 18810,79 = 45145,90 \text{ Вт} = 45,15 \text{ кВт}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Визначаємо теплове навантаження будівлі №5:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,05 \cdot 0,35 \cdot 1,134 \cdot 57868,25 \cdot (18 - (-22)) = 964652,15 \text{ Bm} = 964,65 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_e \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 0,29 \cdot 57868 \cdot (18 - (-22)) = 671271,70 \text{ Bm} = 671,27 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 741 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} = 59071,91 \text{ Bm} = 59,07 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_z \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 59071,91 = 141772,58 \text{ Bm} = 141,77 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплові навантаження будівлі №6:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,05 \cdot 0,35 \cdot 1,134 \cdot 15499 \cdot (18 - (-22)) = 258369,40 \text{ Bm} = 258,37 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_e \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 0,81 \cdot 2616 \cdot (18 - (-21)) = 84758,4 \text{ Bm} = 84,76 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 198 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} = 15821,63 \text{ Bm} = 15,82 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_z \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 15821,63 = 37971,92 \text{ Bm} = 37,97 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплові навантаження будівлі №7:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,05 \cdot 0,42 \cdot 1,134 \cdot 19502 \cdot (18 - (-22)) = 325099,11 \text{ Bm} = 325,10 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_e \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 0,33 \cdot 19502 \cdot (18 - (-22)) = 226226,45 \text{ Bm} = 226,23 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 279 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} = 22218,67 \text{ Bm} = 22,22 \text{ кВт}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 22218,67 = 53324,81 \text{ Вт} = 53,32 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплові навантаження будівлі №8:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,05 \cdot 0,42 \cdot 1,134 \cdot 6900 \cdot (18 - (-22)) = 138037,95 \text{ Вт} = 138,04 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_e \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 0,33 \cdot 6900 \cdot (18 - (-22)) = 91087,92 \text{ Вт} = 91,09 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 92 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} = 7337,64 \text{ Вт} = 7,34 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 7337,64 = 17610,33 \text{ Вт} = 17,61 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплові навантаження будівлі №9:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,10 \cdot 0,42 \cdot 1,134 \cdot 7193 \cdot (18 - (-22)) = 143890,25 \text{ Вт} = 143,89 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_e \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 0,33 \cdot 7193 \cdot (18 - (-22)) = 94949,71 \text{ Вт} = 94,95 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 66 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} = 5295,27 \text{ Вт} = 5,30 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 5295,27 = 12708,65 \text{ Вт} = 12,71 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплове навантаження адміністративної будівлі:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,05 \cdot 0,47 \cdot 1,134 \cdot 2180 \cdot (18 - (-22)) = 48799,87 \text{ Вт} = 48,80 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_e \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 0,34 \cdot 3114 \cdot (18 - (-22)) = 42363,73 \text{ Вт} = 42,36 \text{ кВт}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 25 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} =$$

$$= 1986,92 \text{ Вт} = 1,99 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 1986,92 = 4768,62 \text{ Вт} = 4,77 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплові навантаження медцентру:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 1,05 \cdot 0,47 \cdot 1,134 \cdot 3114 \cdot (18 - (-22)) =$$

$$= 69729,33 \text{ Вт} = 69,73 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_g \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 0,34 \cdot 3114 \cdot (18 - (-22)) =$$

$$= 42363,73 \text{ Вт} = 42,36 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 23 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} =$$

$$= 1806,69 \text{ Вт} = 1,81 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 1806,69 = 4336,05 \text{ Вт} = 4,34 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплове навантаження оздоровчо-тренувального комплексу:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 1,05 \cdot 0,35 \cdot 1,134 \cdot 42506 \cdot (18 - (-22)) =$$

$$= 708568,19 \text{ Вт} = 708,57 \text{ кВт}$$

$$Q'_{v\max} = q_g \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 0,29 \cdot 42506 \cdot (18 - (-22)) =$$

$$= 493070,76 \text{ Вт} = 493,07 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6} = \frac{1,2 \cdot 567 \cdot 1,16 \cdot 90 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3,6} =$$

$$= 45198,15 \text{ Вт} = 59,07 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 45198,15 = 108475,57 \text{ Вт} = 108,48 \text{ кВт}$$

Визначаємо сумарне теплове навантаження на:

- гаряче водопостачання середнє - 320,77 кВт;
- гаряче водопостачання максимальнє - 769,86 кВт;
- вентиляцію - 3530,37 кВт;
- опалення - 5110,77 кВт.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Результати значення розрахункових теплових потоків зводимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

№№	Теплові потоки, кВт					
	$Q'_{o \max}$	$Q'_v$	$Q_{hm}$	$Q'_{h \max}$	$Q_{\Sigma m}$	$Q_{\Sigma \max}$
1. Адміністративна будівля	44,80	29,65	1,99	4,77	80,43	83,22
2. Медцентр	69,73	42,36	1,81	4,34	113,90	116,43
3. Будівля №1	151,11	99,71	8,51	20,41	259,33	271,24
4. Будівля №2	283,66	197,39	18,09	43,43	499,15	524,48
5. Будівля №3	285,73	198,83	17,27	41,44	501,82	526,00
6. Будівля №4	275,25	191,53	18,81	45,15	485,57	511,91
7. Будівля №5	964,65	671,27	59,07	141,77	1695,00	1777,70
8. Оздоровно-тренув. комплекс	708,57	493,07	45,20	108,48	1246,84	1310,11
9. Будівля №6	258,37	179,79	15,82	37,97	453,98	372,42
10. Будівля №7	325,10	226,23	22,22	53,32	573,54	604,65
11. Будівля №8	138,04	91,09	7,34	17,61	236,46	246,74
12. Будівля №9	143,89	94,95	5,30	12,71	244,14	251,55
<b>Всього</b>	<b>5110,77</b>	<b>3530,37</b>	<b>320,77</b>	<b>769,86</b>	<b>8961,91</b>	<b>9411,00</b>

Визначаємо для будь якої температури зовнішнього повітря  $t_n$  в діапазоні  $t_o$   $t_{нк}$  теплові потоки на опалення [6]:

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

Де  $t_i$  – температура внутрішнього повітря,  $t_i = 18^\circ\text{C}$ ;  
 $t'_o$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення,  $^\circ\text{C}$ ;  
 приймаємо для м. Київ  $-22^\circ\text{C}$ .

$$Q_o(-10) = 5110,77 \cdot \frac{18 - (-10)}{18 - (-22)} = 5110,77 \cdot 0,7 = 3577,54 \text{ кВт}$$

Протягом опалювального періоду теплові потоки на гаряче водопостачання (середній і максимальний) приймаються постійними.

Визначаємо середній тепловий потік на гаряче водопостачання в неопалювальний період, МВт [7]:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{hm}^S = Q_{hm}' \frac{t_h - t_c^S}{t_h - t_c} \beta, \quad (3.7)$$

Де  $\beta$  – коефіцієнт, враховуючий зміну середньої витрати гарячої води в неопалювальний період порівнюючи з опалювальним періодом;  $\beta=0,8$ ;

$t_c, t_c^S$  – температури водопровідної води, і дорівнюють в опалювальний період  $+5^\circ C$ , в неопалювальний період  $+15^\circ C$ ;

$t_h$  - температура гарячої води в системі гарячого водопостачання,  $t_h = 55^\circ C$ .

$$Q_{hm}^S = 0,32 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 0,21$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 3.2.

За цією таблицею будуються графіки зміни теплових потоків у залежності від температури зовнішнього повітря.

Таблиця 3.2

Розрахунок теплових потоків

Температура	$t_o = -22^\circ C$	$t_H = -10^\circ C$	$t_H = 0^\circ C$	$t_H = 3,63^\circ C$	$+8^\circ C$	Літо
Відносний тепловий потік, $\bar{Q}_0$ МВт	1	0,7	0,450	0,308	0,250	-----
Витрата теплоти на опалення , $Q_o$ МВт	5,111	3,578	2,300	1,836	1,278	-----
Витрата теплоти на вентиляцію, $Q_v$ МВт	3,530	2,471	1,589	1,086	0,883	-----
Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання, $Q_{hm}$ МВт	0,321	0,321	0,321	0,321	0,321	0,205
Макс. витрата теплоти на гаряче водопостачання, $Q_{hmax}$ МВт	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,493
Середня сумарна витрата теплоти $\Sigma Q_m = Q_o + Q_v + Q_{hm} + Q_B$ МВт	8,962	6,370	4,209	3,425	2,481	0,205
Максимальна сумарна витрата теплоти $\Sigma Q_{max} = Q_o + Q_v + Q_{hmax} + Q_B$ МВт	9,411	6,819	4,658	3,874	2,930	0,493

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2. Річні витрати теплоти

Розраховуємо річні витрати теплоти на вентиляцію:

$$Q_v^p = k \cdot n_o \cdot Z / 24 \cdot Q'_{v\max} \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t'_o}, \quad (3.8)$$

Де  $Z$  – тривалість роботи систем вентиляції на добу, год;  $Z=16$  год.

$$Q_v^p = 3,6 \cdot 4488 \cdot 1 \cdot 3,5 \cdot \frac{18 - (-1,1)}{18 - (-22)} = 18157,58 \text{ ГДж}$$

Розраховуємо річні витрати теплоти на опалення, ГДж [7]:

$$Q_o^p = k \cdot n_o \cdot Q'_{o\max} \cdot \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t'_o}, \quad (3.9)$$

Де  $n_o$  – тривалість опалювального періоду, год;

$k$  – коефіцієнт переведення одиниць;

$t_i$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °C;

$t_{om}$  – середня температура опалювального періоду, °C.

$$Q_o^p = 3,6 \cdot 4488 \cdot 5,11 \cdot \frac{18 - (-1,1)}{18 - (-22)} = 39423 \text{ ГДж}$$

Розрахуємо річні витрати теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{hm}^p = k (Q'_{hm} \cdot n_o + Q^s_{hm} \cdot (8400 - n_o)) \quad (3.10)$$

Де 8400 – кількість годин роботи системи теплопостачання за рік.

$$Q_{hm}^p = 3,6 \cdot (0,71 \cdot 4488 + 0,21 \cdot (8400 - 4488)) = 8073,87 \text{ ГДж}$$

Розрахуємо сумарну річну витрату теплоти:

$$Q_{\Sigma}^p = Q_o^p + Q_v^p + Q_{hm}^p = 39423 + 18157,58 + 8073,87 = 65660,38 \text{ ГДж}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

### 3.3. Розрахунок витрат теплоносія

Формули для розрахунку витрат теплоносія варіюються від типу теплового навантаження [7]:

Витрата теплоносія на вентиляцію розраховується за формулою:

$$G_{V \max} = \frac{Q_{V \max}}{c \cdot (\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0})} \quad (3.11)$$

Витрата теплоносія на гаряче водопостачання в закритих системах тепlopостачання розраховується за формулою:

(середня при змішаній схемі приєднання підігрівачів)

$$G_{hm} = \frac{Q_{hm}}{c(\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0})} \cdot \frac{t_h - t'}{t_h - t_c}; \quad (3.12)$$

Витрата теплоносія на опалення розраховується за формулою:

$$G_{o \max} = \frac{Q_{o \max}}{c(\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0})} \quad (3.13)$$

Витрата теплоносія максимальна при змішаній схемі приєднання підігрівачів розраховується за формулою:

$$G_{h \max} = \frac{Q_{h \max}}{c(\tau'_{10} - \tau'_{20})} \cdot \frac{t_h - t'}{t_h - t_c}; \quad (3.14)$$

Розраховуємо сумарні розрахункові витрати мережної води в двохтрубних теплових мережах у відкритих та закритих системах тепlopостачання при якісному регулюванні за формулою, кг/с:

$$G_d = G_{o \max} + G_{v \max} + k_3 \cdot G_{hm}. \quad (3.15)$$

Де  $k_3$  - коефіцієнт, що враховує частку середньої витрати води на гаряче водопостачання;  $k_3 = 1.0$ , залежить від типу системи теплової мережі та теплового навантаження [3].

Визначаємо розрахункову витрату води в двохтрубних водяних теплових мережах в неопалювальний період за формулою, кг/с:

$$G_d^S = \beta \cdot G_{h \max} = 0,8 \cdot G_{h \max}; \quad (3.16)$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де  $\beta$  - коефіцієнт, який приймаємо для звичайних міст 0,8.

Визначаємо для кожного будинку витрату теплоносія. Результат зводимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Розрахункові витрати теплоносія

№№	Витрата теплоносія, т/год						
	$G_{o\ max}$	$G_{v\ max}$	$G_{hm}$	$G_{hmax}$	$k3*Ghm$	$G_d$	$G_d^{\delta}$
1	2	3	5	6	7	8	9
1. Адмін. будівля	0,146	0,088	0,011	0,022	0,011	0,245	0,018
2. Медцентр	0,208	0,126	0,010	0,020	0,010	0,344	0,016
3. Будівля №1	0,451	0,297	0,045	0,095	0,045	0,793	0,076
4. Будівля №2	0,846	0,589	0,096	0,202	0,096	1,531	0,162
5. Будівля №3	0,852	0,593	0,092	0,193	0,092	1,537	0,154
6. Будівля №4	0,821	0,571	0,100	0,210	0,100	1,492	0,168
7. Будівля №5	2,878	2,003	0,313	0,660	0,313	5,194	0,528
8. ОТК	2,114	1,471	0,240	0,505	0,240	3,825	0,404
9. Будівля №6	0,771	0,536	0,084	0,177	0,084	1,391	0,141
10. Будівля №7	0,970	0,675	0,118	0,248	0,118	1,763	0,199
11. Будівля №8	0,412	0,272	0,039	0,082	0,039	0,722	0,066
12. Будівля №9	0,429	0,283	0,028	0,059	0,028	0,741	0,047
Всього	15,247	10,532	1,701	3,584	1,701	27,480	2,867

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 4.  
РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ**

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.1. Центральне якісне регулювання теплових потоків по навантаженню на опалення

Визначаємо температуру мережної води при температурі зовнішнього повітря за формулою,  $t_n$ :

- перед системою опалення:

$$\tau_3(t_n) = t_i + (\tau'_{np} - t_i) \bar{Q}_o^{0,8} + (\tau'_3 - \tau'_{np}) \bar{Q}_o; \quad (4.1)$$

- після системи опалення:

$$\tau_{20}(t_n) = t_i + (\tau'_{np} - t_i) \bar{Q}_o^{0,8} - (\tau'_{np} - \tau'_{20}) \bar{Q}_o; \quad (4.2)$$

- в подавальному трубопроводі [4]:

$$\tau_{10}(t_n) = t_i + (\tau'_{np} - t_i) \bar{Q}_o^{0,8} + (\tau'_{10} - \tau'_{np}) \bar{Q}_o; \quad (4.3)$$

Де  $\tau'_{1,0}$  - температура мережної води в подаючому трубопроводі перед елеватором або змішуючим насосом, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення  $t'_o, 150^\circ C$ ;

$\tau'_{np}$  - розрахункова середня температура опалювального пристрою,  $^\circ C$ ;

$$\tau'_{np} = 0,5(\tau'_3 + \tau'_{2,0}), \quad (4.4)$$

$\tau'_{2,0}$  - температура мережної води в зворотному трубопроводі після системи опалення, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення  $t'_{o,} = 70^\circ C$ ;

$\tau'_3$  - температура води після елеватора або змішуючого насоса системи опалення, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення,  $= 100^\circ C$ ;

$$\tau'_{np} = 0,5(\tau'_3 + \tau'_{20}) = 0,5(100 + 70) = 85^\circ C.$$

Перейшовши до постійних коефіцієнтів у рівняннях температурних графіків для якісного регулювання, ми визначаємо їх значення за відносними тепловими потоками:

$$\left( \tau'_{np} - t_i \right) = 85 - 18 = 67^\circ C$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\left( \tau'_{1,0} - \tau'_{np} \right) = 150 - 85 = 65^\circ C$$

$$\left( \tau'_{np} - \tau'_{2,0} \right) = 85 - 70 = 15^\circ C$$

$$\left( \tau'_{3} - \tau'_{np} \right) = 100 - 85 = 15^\circ C$$

Визначаємо відносний тепловий потік  $\bar{Q}_o$ :

$$\bar{Q}_o = \frac{t_i - t_n}{t_i - t'_o} = \frac{(18 - (-10))}{(18 - (-22))} = 0,70 ;$$

$$\tau_{1,0}(-10) = 18 + (85 - 18) \cdot 0,70^{0,8} + (150 - 85) \cdot 0,70 = 113,87^\circ C > 70^\circ C;$$

$$\tau_{2,0}(-10) = 18 + (85 - 18) \cdot 0,70^{0,8} - (85 - 70) \cdot 0,7 = 57,87^\circ C;$$

$$\tau_3(-10) = 18 + (85 - 18) \cdot 0,70^{0,8} + (100 - 85) \cdot 0,70 = 78,87^\circ C;$$

Перераховуємо температуру мережної води для побудови температурного графіка, при  $t_n = +8^\circ C$ :

$$\tau_{1,0}(+8) = 18 + (85 - 18) \cdot 0,25^{0,8} + (150 - 85) \cdot 0,25 = 56,35^\circ C < 70^\circ C;$$

$$\tau_{2,0}(+8) = 18 + (85 - 18) \cdot 0,25^{0,8} - (85 - 70) \cdot 0,25 = 36,35^\circ C;$$

$$\tau_3(+8) = 18 + (85 - 18) \cdot 0,25^{0,8} + (100 - 85) \cdot 0,25 = 43,85^\circ C;$$

Оскільки температура в приміщенні ( $\tau_{1,0}(+8)$ ) менше  $70^\circ C$ , необхідно встановити температуру зовнішнього повітря, за якої система опалення не зможе працювати ефективно (температура зрізу температурного графіка). Це значення можна визначити лише після того, як буде побудовано графік температур.

Розраховуємо витрату мережної води на опалення за формулою,  $кг/с$ :

$$G_0(t_H) = \frac{Q_o(t_H)10^3}{c(\tau_{10}(t_H) - \tau_{20}(t_H))}; \quad (4.5)$$

$$G_0(-22) = \frac{5,11 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (150 - 70)} = 15,25 \text{ кг/с};$$

$$G_0(-10) = \frac{3,58 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (113,87 - 57,87)} = 15,25 \text{ кг/с};$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_0(0) = \frac{2,30 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (82,62 - 46,62)} = 15,25 \text{ кг/с};$$

Результати записуються у таблицю 4.1, і на їх основі будується графік, що відображає залежність температур і витрат мережної води на опалення від зовнішньої температури. Цей графік дозволяє визначити точку перетину температурних кривих.

Таблиця 4.1

Результати розрахунку графіка регулювання теплових потоків на опалення

Позначення	Од. вим.	Температура і витрата мережної води при				
		$t'_0 = -22^\circ\text{C}$	$t_n = -10^\circ\text{C}$	$t_n = 0^\circ\text{C}$	$t''_0 = 3,63^\circ\text{C}$	$t_{нк} = 8^\circ\text{C}$
$\bar{Q}$		1	0,7	0,45	0,36	0,25
$Q_0$	MВт	5,11	3,58	2,30	1,84	1,28
$\tau_{1,0}$	°C	150,00	113,87	82,62	70,00	70,00
$\tau_{2,0}$	°C	70,00	57,87	46,62	41,80	41,80
$\tau_3$	°C	100,00	78,87	60,12	52,38	52,38
$G_0$	кг/с	15,25	15,25	15,25	15,25	7,357

Розраховуємо питомий тепловий потік при температурі злому графіку за формулою:

$$\bar{Q}_0 = \frac{t_i - t_n^{\parallel}}{t_i - t_0} = \frac{18 - 3,63}{18 - (-22)} = 0,359;$$

$$\tau_{10}(3,63) = 18 + (85 - 18) \cdot 0,359^{0,8} + (150 - 85) \cdot 0,359 = 70^\circ\text{C}$$

Розраховуємо витрату теплоносія на опалення після злому температурного графіку:

$$G_0(+3,63) = \frac{1,57 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70,00 - 41,80)} = 15,25 \text{ кг/с};$$

$$G_0(+8) = \frac{1,28 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70,00 - 41,80)} = 10,83 \text{ кг/с}.$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 4.2. Регулювання теплових потоків на гаряче водопостачання.

Розраховуємо співвідношення максимальних теплових потоків на гаряче водопостачання та опалення:

$$1 < \frac{Q_{hmax}}{Q_{omax}} = \frac{0,770}{5,111} = 0,15 < 1$$

Тому рекомендується здійснювати підключення обігрівачів гарячого водопостачання за дворівневою змішаною схемою. Визначаємо температуру  $t''_h$  в точці перегину температурного графіка - температуру відрізу. Ця температура становить +3,63 градусів.

У закритій системі опалення в більшості випадків обігрівачі гарячого водопостачання підключають за дворівневою змішаною схемою.

Завдання полягає у визначенні обсягу мережної води, що проходить через другий підігрівач гарячого водопостачання, а також температури води у мережі після кожного ступеня підігріву.

Розраховуємо витрату води на гаряче водопостачання,  $кг/с$ :

$$G_{hm} = \frac{Q_{hm}}{c \cdot (\tau''_{1,0} - \tau''_{2,0})} \cdot \frac{t_h - t'}{t_h - t_c} + 0,2; \quad (4.6)$$

Де  $t_h$  - температура гарячої води в системі гарячого водопостачання,  $= 55^\circ\text{C}$ ;  $t'$  - температура водопровідної води після першого ступеню підігрівача,  $t' = \tau_{2,0} - (5 \div 10)^\circ\text{C}$ .

На основі обчислень ми складаємо графік, що показує, як залежать витрати мережної води для другого ступеня підігрівача гарячої води від зовнішньої температури.

Отримані результати вносяться до таблиці 4.2.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2

Результати розрахунку графіка регулювання теплових потоків на гаряче водопостачання

Позначення	Одиниця вимірювання	Температура і витрата мережної води при				
		$t'_{0}=-22^{\circ}\text{C}$	$t_{н}=-10^{\circ}\text{C}$	$t_{н}=0^{\circ}\text{C}$	$t''_{0}=3,63^{\circ}\text{C}$	$t_{нк}=8^{\circ}\text{C}$
$Q_{hm}$	$MВт$	0,321	0,71	0,71	0,71	0,71
$\tau_{2,0}$	$^{\circ}\text{C}$	70,00	57,87	46,62	41,80	41,80
$t'$	$^{\circ}\text{C}$	60	47,58	36,62	31,80	31,80
$G_{hm}$	$\text{кг/с}$	0	0,31	0,90	1,37	1,96

### 4.3. Центральне якісне регулювання теплових потоків на вентиляцію.

Перше завдання полягає у розрахунку витрати води у системі вентиляції та визначенні температури води після калориферу. Якщо спостерігається різкий спад температури, то встановлюються два основних діапазони.

Перший діапазон температур зовнішнього повітря менших ніж  $t_{н}''$ .

При змінних температурах води в централізованій системі подачі та тепловому потоці, температура води після теплообмінника для вентиляційної системи розраховується за відповідною формулою:

$$\tau_{2,В} = \tau_1 - (\tau_{1,0}^I - \tau_{2,0}^I) \cdot \frac{(t_i - t_H)}{(t_i - t_0^I)} \quad (4.7)$$

Температуру мережної води в подаючому трубопроводі налаштовують на відповідній режим тепlopостачання для опалення:

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

Другий діапазон зрізки температурного графіка.

При умові сталої температури мережевої води перед калорифером та змінному тепловому потоці для вентиляції, температуру мережевої води після калорифера розраховуємо за допомогою формули [3-6]:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\frac{(\tau_1'' + \tau_{2,B}) - (t_H + t_i) \cdot (\tau_1'' - \tau_{2,B})^{0,15}}{(\tau_1'' + \tau_{2,B}) - (t_H'' + t_i) \cdot (\tau_1'' + \tau_{2,B})^{0,15}} = \frac{(t_i - t_H)^{0,85}}{(t_i - t_H'')^{0,85}} \quad (4.8)$$

Розраховуємо витрату мережної води на вентиляцію для першого та другого діапазонів:

$$G_V(t_H) = \frac{Q_V(t_H)}{c \cdot (\tau_1(t_H) - \tau_{2,B}(t_H))} \quad (4.9)$$

Зводимо результати розрахунків до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Результати розрахунку регулювання теплових потоків на вентиляцію

Позначення	Од. вим.	Температура і витрата мережної води при				
		$t'_0 = -22^\circ\text{C}$	$t_H = -10^\circ\text{C}$	$t_H = 0^\circ\text{C}$	$t''_0 = 3,63^\circ\text{C}$	$t_{HK} = 8^\circ\text{C}$
$\bar{Q}$		1	0,7	0,45	0,35	0,25
$Q_{\delta}$	MВт	3,53	2,26	1,59	1,24	0,88
$\tau_0$	°C	150,00	113,87	82,62	70,00	70,00
$\tau_{2,0}$	°C	70,00	57,87	46,62	41,80	41,80
$\tau_{2,6}$	°C	70,00	57,87	46,62	41,80	29,95
$G_{\delta}$	кг/с	10,53	10,53	10,53	10,53	5,26

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 5.  
ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК**

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розробці теплових мереж найважливішою частиною гідравлічного розрахунку є визначення діаметрів трубопроводів, що дозволяє транспортувати теплоносій за найнижчою вартістю. Результати гідравлічних розрахунків використовуються для створення п'єзометричних графіків, вибору термометричних точок та вибору насосного обладнання.

При транспортуванні теплоносія по трубах втрати тиску складаються з двох факторів : втрат тиску на тертя по довжині трубопроводу  $\Delta P_T$  та втрат тиску в місцевих опорах  $\Delta P_M$ :

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M, \quad (5.1)$$

Розраховуємо втрати тиску на тертя,  $Pa$ , по довжині трубопроводу:

$$\Delta P_T = Rl, \quad (5.2)$$

Де  $R$  – питомі втрати тиску по довжині,  $Pa/m$ ;

$l$  – геометрична довжина ділянки трубопроводу,  $m$ .

Втрата тиску в локальних опорах може бути замінена еквівалентними втратами тиску на довжину проекту, як показано  $l_e$  довжиною, сприяючи втраченню тиску на тертя, що приблизно дорівнює втраті тиску в місцевих опорах.

Еквівалентна довжина місцевих опорів  $l_e$  для конкретної ділянки визначається шляхом підсумовування еквівалентних довжин усіх місцевих опорів, таких як засувки, компенсатори, відводи та інші елементи, що знаходяться на цій ділянці.

Розраховуємо значення еквівалентної довжини [3]:

$$l_e = A_l \cdot \Sigma \xi \cdot d^{1,25} \quad (5.3)$$

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

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

$\xi$  – безрозмірна величина, як залежить від характеру опору.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розраховуємо втрати тиску в місцевих опорах:

$$\Delta P_m = R \ell_e, \quad (5.4)$$

Виконуємо гідравлічний розрахунок трубопроводів теплових мереж за методом еквівалентної довжини. Визначаємо повні втрати тиску на ділянці за формулою:

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M = R \cdot l_{np}, \quad (5.5)$$

Де  $R$  – питомі втрати тиску по довжині,  $Па/м$ ;

$l_{np}$  – приведена довжина ділянки трубопроводу,  $м$ .

Питомі втрати тиску на тертя визначаються за результатами техніко-економічних розрахунків. За відсутності цих розрахунків, їх величина встановлюється в наступних межах: для магістралі - від 40 до 80 Па за метр. При цьому швидкість теплоносія має бути не більше 3,5 м/с.

$$l_{np} = l + l_e \quad (5.6)$$

Визначаємо сумарні втрати тиску в магістралі або відгалуженні  $\Sigma \Delta P$ , як суму втрат тиску всіх ділянок, що з'єднанні послідовно [3]:

$$\Sigma \Delta P = \Sigma (R \ell_{np}). \quad (5.7)$$

Відгалуження розраховують, виходячи з наявного тиску  $\Delta P_n$ . Цей тиск визначають на основі умов, що втрати тиску в відгалуженні дорівнюють втратам в магістралі після точки приєднання відгалуження. Розрахунки проводять за наступною формулою:

$$\Delta P_n = \Sigma R \ell_{np}. \quad (5.8)$$

В ідеалі, втрати тиску від джерела теплоти до кожного споживача мають бути однаковими.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Результати гідравлічного розрахунку теплових мереж

Таблиця 5.1. Попередній розрахунок

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, $G$ , кг/с	Діаметр трубопроводу, $D_{ен} * s$ , мм	Внутр. діаметр трубопроводу, $D_{ен}$ , м	Геометрична довжина, $l$ , м	Еквівалентна довжина $l_{е}$ , м	Приведена довжина, $l_{пр}$ , м	Питома втрата тиску, $R_p$ , Па/м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Втрати напору на ділянці, м	Сумар. втрати напору, м
1	2	3	4	5			9	11	13	14
<b>магістраль №1</b>										
Головна магістраль $R_0 = 40...80$ Па/м										
ЦТП-1	53,85	273*5	263	9	3,6	12,6	44,80	0,56	0,06	5,02
1-2	51,73	273*5	263	24,5	9,8	34,3	41,10	1,41	0,14	4,96
2-3	37,96	219*5	209	42	16,8	58,8	74,90	4,40	0,45	4,82
3-4	29,60	219*5	209	30	12	42	45,10	1,89	0,19	4,37
4-5	24,07	219*5	209	111	44,4	155,4	179,00	27,82	2,84	4,18
5-6	5,37	108*3,5	101	142	42,6	184,6	71,20	13,14	1,34	1,34
<b>відгалуження 1-7-8</b>										
Відгалуження $R_0 = 300$ Па/м										
1-7	2,12	76*3	70	60	18	78	29,50	2,301	0,23	0,26
7-8	2,12	76*3	70	3	0,9	3,9	69,90	0,273	0,03	0,03
<b>відгалуження 2-14</b>										
Відгалуження $R_0 = 300$ Па/м										
2-14	13,77	133*4	125	10	3	13	151,80	1,973	0,20	0,20
<b>відгалуження 3-9-10-11</b>										
Відгалуження $R_0 = 300$ Па/м										
3-9	8,36	108*3,5	101	90	27	117	164,00	19,19	1,96	2,43
9-10	2,85	76*3	70	14	4,2	18,2	142,00	2,58	0,26	0,48
9-11	5,51	89*3	83	7	2,1	9,1	229,00	2,08	0,21	0,21
<b>відгалуження 4-13</b>										
Відгалуження $R_0 = 300$ Па/м										
4-13	5,53	89*3	83	5	1,5	6,5	210,00	1,37	0,14	0,14
<b>відгалуження 5-12</b>										
Відгалуження $R_0 = 300$ Па/м										
5-12	18,70	133*4	125	47	18,8	65,8	271,00	17,83	1,82	1,82
<b>магістраль №2</b>										
Головна магістраль $R_0 = 80$ Па/м										
ЦТП-15	45,07	219*5	209	214	85,6	299,6	106,90	32,03	3,26	6,12
15-16	16,81	159*5	149	34	13,6	47,6	87,94	4,19	0,43	2,86
16-17	10,46	133*4	125	171	51,3	222,3	79,80	17,74	1,81	2,43
17-18	5,26	133*4	125	33	9,9	42,9	67,10	2,88	0,29	0,62
18-19	2,66	89*3	83	10	3	13	48,10	0,63	0,06	0,33
19-20	2,66	89*3	83	42	12,6	54,6	48,10	2,63	0,27	0,27

Арк.

Змн.    Арк.    № докум.    Підпис    Дата



**РОЗДІЛ 6.**  
**МОНТАЖНА СХЕМА ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ**

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Монтажна схема формується на основі обраної траси, типу теплоносіїв та взаємного розташування труб. У процесі розробки монтажною схемою здійснюється розміщення по трасі нерухомих опор, компенсаторів, запірної арматури та камер.

Всі природні вигини траси теплової мережі, які мають кут менше ніж  $120^\circ$ , повинні використовуватися для самокомпенсації температурних подовжень труб. Вигини траси з кутом понад  $120^\circ$  забезпечуються нерухомими опорами.

На схемі подавальний трубопровід розташований праворуч у напрямку руху води від джерела тепла, тоді як зворотний трубопровід знаходиться ліворуч. Відстань між камерами ділять на компенсаційні ділянки за допомогою нерухомих опор.

На всіх відгалуженнях від магістралі та до споживача потрібно встановити запірну арматуру.

При підземному прокладанні в містах для трубопроводів з діаметром менше 100 мм використовуються Г- або П-подібні компенсатори [3].

#### Розробка монтажною схемою:

- Трубопроводи маркуються як подаючий (Т1) та зворотний (Т2).
- Подаючий трубопровід розміщується відповідно до напрямку руху теплоносія від джерела теплоти.
- На схемі присвоюються номери теплофікаційним камерам: ТК1, ТК2... ТКп, а також компенсаторам: К1, К2 тощо. Нерухомі опори позначаються Н1, Н2 і так далі. Нумерацію ведуть від джерела теплоти.
- На всіх ділянках траси вказують діаметри подаючого і зворотного трубопроводів, враховуючи товщину стінки, а також довжину кожної ділянки.

У випадку, якщо трубопровід має довжину до 15 метрів від будинку до теплового пункту, установка нерухомої опори і компенсатора не є необхідною, оскільки відбувається самокомпенсація.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До встановлення запірної арматури виконуються наступні вимоги:

- На транзитних магістралях без відгалужень запірну арматуру розміщують кожні 2-3 км для секціонування магістралі. При цьому сусідні магістралі з'єднують блокувальною перемичкою, на якій встановлюють запірну арматуру з пропускною здатністю, розрахованою на аварійне резервування.

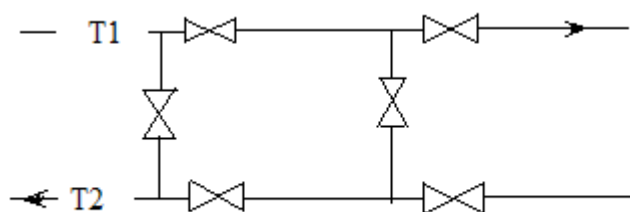
- Запірну арматуру встановлюють на всі відгалуження, що приєднуються до магістралі.

- У найвищих точках трубопроводу розміщують пристрої для видалення повітря, яке використовують під час запуску і зупинки системи.

- У нижчих точках теплової мережі встановлюють спускні крани і облаштовують дренажні колодязі, з яких воду відкачують насосами або відводять у каналізацію, якщо вона проходить поруч.

- Арматура повинна бути сталлюю по якій транспортується високотемпературний теплоносій ( $t > 100^{\circ}\text{C}$ ). В інших випадках може бути чугуною.

- Для трубопроводів діаметром понад 500 мм арматура повинна бути обладнана електричним приводом.



Після проведення попереднього гідравлічного розрахунку здійснюють остаточний розрахунок для головної магістралі, визначаючи діаметри трубопроводів з урахуванням оптимального градієнта тиску на окремих ділянках. Після цього проводять розрахунок відгалужень.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У випадку, коли не вдається узгодити відгалуження шляхом вибору діаметрів, використовують діафрагму, розмір якої визначають за допомогою формули:

$$d_o = 11,3 \sqrt{\frac{G}{\sqrt{\Delta P}}}, \text{ мм},$$

Де  $G$  – витрата води на ділянці,  $m^3/год$ ;

$\Delta P$  – необхідна втрата тиску на ділянці,  $m. вод. ст.$

При будівництві трубопроводи прокладаються: подавальний — з правого боку по ходу руху води від джерела теплоти, а зворотний — з лівого.

Для підземного прокладення трубопроводів зазвичай використовуються П-подібні компенсатори, а для труб діаметром понад 100 мм при обґрунтуванні можливе використання сальникових. Нерухомі опори розміщуються в камерах або в каналі поруч із камерою.

На всіх відгалуженнях від магістралі та до споживачів потрібно встановити вимикаючу арматуру. Для обслуговування сальникових компенсаторів слід передбачити камери.

Монтажну схему трубопроводів слід розробляти без дотримання масштабу, але, якщо можливо, важливо зберігати візуальне співвідношення довжин окремих ділянок.

Остаточний гідравлічний розрахунок проводиться у табличному вигляді.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



19-20	2,66	89*3	42	48,10	0,68	3(1,28),П(5,4)	6,7	48,7	2,34	2,34	0,24
<b>Відгалуження 15-21, Rопт = 300 Па/м</b>											
15-21	5,01	89*3	64	173,50	1,32	3(1,28)	1,3	65,3	11,3	11,3	1,15
<b>Відгалуження 15-22, Rопт = 300 Па/м</b>											
15-22	23,3	159*5	81	168,5	1,23	3(2,24), УП45*2(1,68)	5,6	86,6	14,6	14,6	1,49
<b>Відгалуження 16-23, Rопт = 300 Па/м</b>											
16-23	6,35	89*3	32	272	1,27	3(1)	1	33	8,98	8,98	0,91

**Таблиця 5.3. Гідралічний розрахунок, неопалювальний сезон**

№ п/п	Розрахункова витрата теплоносія, G, кг/с	Діаметр трубопроводу, D <sub>вн</sub> *s, мм	Геометрична довжина, l, м	Питомі втрати тиску, R <sub>л</sub> , Па/м	Швидкість м/с	Місцеві опори	Еквівалентна довжина l <sub>е</sub> , м	Приведена довжина l <sub>пр</sub> , м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Втрати тиску Σ, кПа	Втрати тиску на ділянці, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11
<b>Головна магістраль №1, Rопт = 80 Па/м</b>											
ЦТП-1	9,99	273*5	9	1,54	0,1 8	L(6,7)	6, 7	15,7	0,0 2	0,9 8	0
1-2	9,87	273*5	25	1,50	0,1 8	⊥*2(16,7), П(18)	51	75,9	0,1 1	0,9 5	0,0 1
2-3	7,12	219*5	42	2,64	0,1 3	L*2(5,04), ⊥(12,6)	23	64,7	0,1 7	0,8 4	0,0 2
3-4	5,57	219*5	30	1,59	0,1 6	Ск(2,52), ⊥(12,6)	15	45,1	0,0 7	0,6 7	0,0 1
4-5	4,56	219*5	111	1,10	0,1 3	L*2(5,04)	6, 7	118	0,1 3	0,6	0,0 1
5-6	1,10	108*3,5	142	2,99	0,1 4	⊥(8,4), L*4(1,32), Ск(0,66)	14	156, 3	0,4 7	0,4 7	0,0 5
<b>Відгалуження 1-7-8, Rопт = 300 Па/м</b>											
1-7	2,12	76*3	60	29,50	0,7 8	Ск(0), Зс(1)	1	61	1,8	2,0 1	0,1 8
7-8	2,12	76*3	3	69,90	0,9 8	Ск(0)	0	3	0,2 1	0,2 1	0,0 2
<b>Відгалуження 2-14, Rопт = 300 Па/м</b>											
2-14	1,45	133*4	10	1,68	0,1 2	Зс(1)	1	11	0,0 2	0	0
<b>Відгалуження 3-9-10-11, Rопт = 300 Па/м</b>											
3-9	2,61	108*3,5	90	16,04	0,4 0	П(6,5), L(0), Т(6,6)	13	103	1,6 5	2,4	0,1 7
9-10	1,56	76*3	14	42,33	0,7 4	3(1)	1	15	0,6 3	0,7 4	0,0 6
9-11	1,06	89*3	12	8,451	0,1 9	3(1)	1	13	0,1 1	0,1 1	0,0 1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
------	------	----------	--------	------	------

Відгалуження 4-13, Ropt = 300 Па/м											
4-13	1,01	89*3	5	7,006	0,4 1	3(1)	1	6	0,0 4	0,0 4	0
Відгалуження 5-12, Ropt = 300 Па/м											
5-12	3,46	133*4	47	9,254	0,4 1	3(1)	1	48	0,4 4	0,4 4	0,0 5
Головна магістраль №2, Ropt = 80 Па/м											
ЦТП-15	8,78	219*5	214	4,05	0,1 9	П(14,4), УП45*2(2,52), Ск(2,52), ⊥(12,6)	35	249	1,0 1	1,8 2	0,1
15-16	3,24	159*5	34	3,27	0,1 8	⊥(12,6), L(5,04), Ск(1,68), ⊥(8,4)	28	61,7	0,2	0,8 1	0,0 2
16-17	1,94	133*4	171	2,75	0,1 3	П*2(8,4)	17	188	0,5 2	0,6 1	0,0 5
17-18	0,74	133*4	33	1,32	0,1 2	⊥(6,6)	6, 6	39,6	0,0 5	0,0 9	0,0 1
18-19	0,31	89*3	10	0,65	0,0 8	L(0)	0	10	0,0 1	0,0 4	0
19-20	0,31	89*3	42	0,65	0,0 8	3(1,28), П(5,4)	6, 7	48,7	0,0 3	0,0 3	0
Відгалуження 15-21, Ropt = 300 Па/м											
15-21	0,93	89*3	64	5,92	0,2 4	3(1,28)	1, 3	65,3	0,3 9	0,3 9	0,0 4
Відгалуження 15-22, Ropt = 300 Па/м											
15-22	4,61	159*5	81	6,622	0,2 4	3(2,24), УП45*2(1,68)	5, 6	86,6	0,5 7	0,5 7	0,0 6
Відгалуження 16-23, Ropt = 300 Па/м											
16-23	1,30	89*3	32	11,4	0,2 6	3(1)	1	33	0,3 8	0,3 8	0,0 4

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

### П'єзометричний графік теплової мережі.

Використовується графік тисків для аналізу режиму роботи тиску в тепловій мережі та абонентських установках і складається на основі даних гідравлічного розрахунку. Він наочно демонструє допустимі межі тиску та їх фактичні значення у всіх складових системи.

Також графік дозволяє визначити технічні характеристики обладнання, необхідного для підтримки нормативних тисків у трубопроводах і елементах мережі, з урахуванням рельєфу місцевості. Його розробляють як для статичного, так і для динамічного режимів функціонування мережі [3].

Потрібно дотримуватись наступних умов:

- У будь-яких режимах теплоспоживання слід підтримувати надлишковий тиск в будь-якій точці зворотного трубопроводу не менше 0,05 МПа, щоб уникнути підсмоктування повітря, спорожнення трубопроводу і порушення циркуляції.

- Тиск у абонентських вводах, які підключені за залежною схемою, не має перевищувати допустимий рівень для опалювальних пристроїв: у системах опалення з чавунними радіаторами - 0,6 МПа; із конвекторами - 1 МПа.

- Максимальний тиск у подавальному трубопроводі, враховуючи рельєф місцевості, повинен бути не більше 1,6 МПа. 3. Тиск у подавальному трубопроводі в динамічному режимі роботи теплової мережі має підтримуватися таким чином, щоб запобігати закипанню води при її максимальній температурі в будь-якому місці подавального трубопроводу, в обладнанні джерела теплоти та в приладах абонентів, що підключені за залежною схемою.

- При елеваторному змішуванні в вузлах підключення споживачів тиск на абонентському вводі (різниця тисків у подавальному і зворотному трубопроводах) має бути не менше 0,15 МПа. Якщо є підігрівачі гарячого водопостачання, підключені за двоступінчастою схемою, то тиск треба забезпечувати на рівні 0,2 - 0,25 МПа.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- Статичний тиск у системі теплопостачання має залишатися в межах дозволеного для всіх елементів, водночас забезпечуючи заповнення водою абонентських систем зі залежним підключенням.

- Щоб запобігти кавітації, тиск на всмоктувальних патрубках мережних і підкачувальних насосів необхідно тримати на рівні не нижче 0,05 МПа [2,3].

На основі даних гідравлічного розрахунку малюють графік тисків у зворотному трубопроводі. На кінці цього графіка відзначають сегмент, що відповідає фактичному тискові на абонентському ввіді кінцевого споживача, як описано в пункті 6. З аналогічним підходом будують графік тисків у подавальному трубопроводі, починаючи від точки на початку графіка, яка повинна задовольняти вимогам пунктів 2 і 3.

У масштабі креслять профіль поверхні землі від джерела тепла до кінцевого споживача магістралі та відгалужень. На цей профіль наносять будівлі у ключових точках, а також у найбільш характерних місцях – найнижчих та найвищих на трасі. Під час побудови п'єзометричних графіків приймається, що осі трубопроводів співпадають з землею. Під профілем схематично відображають план теплової мережі.

Створюють лінію холодної стативи, яка розташована на 3–5 метрів вище найвищої споруди, щоб гарантувати заповнення систем опалення водою. Відповідно до розрахункової температури води в мережі, еквідістантно профілю землі наносять лінію нескипання.

Для побудови п'єзометричних графіків відгалужень важливо враховувати, щоб втрати напору від джерела теплоти до кінцевих споживачів як головної магістралі, так і відгалужень, були приблизно однаковими за величиною. Це може потребувати зміни попередньо визначених діаметрів труб для відгалужень.

Після завершення побудови на графіку позначають нейтральну точку, де підтримується стабільний тиск води як у статичному, так і в динамічному режимах. Також вказуються числові значення втрат тиску в джерелі тепла, у

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

подавальному та зворотному трубопроводах, поточний тиск у кінцевих споживачів магістралі та відгалужень, а також тисків мережних, живильних і підкачувальних насосів.

На графіку відображають показники напорів мережних та живильних насосів. Відстань від лінії тиску в зворотному п'єзометрі до лінії тиску в подавальному п'єзометрі, разом із врахуванням втрат тиску в джерелі тепла до лінії статичного тиску, відповідає тиску мережних насосів.

#### Побудова поздовжніх профілів теплових мереж.

Профілі теплових мереж відображають у вигляді розгорнень по осі траси. На профілі зазначають:

- рівень ґрунтових вод;
- проектну та фактичну поверхню землі;
- нерухомі опори;
- підземні й надземні комунікації та споруди, які впливають на прокладання запроектованих мереж;
- канали, тунелі, камери, естакади та інші споруди і конструкції мереж (трубопроводи в каналах, тунелях, камерах та нішах не зображуються).

Висоти та довжини ділянок мереж вказують у метрах із двома десятковими знаками, а нахили — у промілях.

Розміщують під профілем таблицю відповідної форми для підземного або надземного прокладання. Висотні відмітки мереж зазначають у характерних точках, а також у місцях перетину з дорогами, інженерними комунікаціями та спорудами, які впливають на прокладання запланованих мереж.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

**РОЗДІЛ 7.**  
**РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ**

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосовується теплова ізоляція для трубопроводів теплових мереж, фланцевих з'єднань, арматури, опор трубопроводів і компенсаторів, незалежно від температури теплоносія та місця прокладки. Товщина основного шару теплоізоляційної конструкції трубопроводів водяних теплових мереж визначається за нормами густини теплового потоку або на основі техніко-економічних розрахунків. При цьому товщина теплоізоляційної конструкції, включаючи захисне покриття, не повинна перевищувати граничних значень.

Завдання теплового розрахунку полягає в оцінці втрат тепла, що відбуваються через трубопроводи та ізоляцію в зовнішнє середовище. Потім необхідно визначити ефективність ізоляційних матеріалів [5].

Розрахункова температура теплоносія в водяних теплових мережах, яку використовують для визначення товщини основного шару теплоізоляційної конструкції, приймається як середня річна. Для різних значень: при 135°C – 70°C, при 95°C – 65°C, при 70°C – 50°C.

Розрахункова температура навколишнього середовища важлива для визначення товщини основного шару теплоізоляційної конструкції водяних мереж і кількості теплових втрат з поверхні ізоляції за рік.

#### Розрахунок при прокладанні теплових мереж в непрохідних каналах.

Виконуємо розрахунок для ділянки 2-3 теплової мережі з діаметрами:

$$d_H \times S = 219 \times 5 .$$

Для розрахунку ефективності теплової ізоляції в непрохідних каналах вихідними даними є:

- Середня річна температура теплоносія в подавальному трубопроводі при температурному регулюванні 135°C -70°C:

$$t_{m1} = 90 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

- Середня річна температура теплоносія в зворотному трубопроводі при температурному регулюванні 135°C -70°C:

$$t_{m2} = 50 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- Середньорічна температура ґрунту:

$$t_2 = 5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

У проєкті планується застосувати попередньо ізольовані труби (ПІТ), де основним ізоляційним матеріалом буде пінополіуретан із захисною оболонкою. Задача полягає у визначенні коефіцієнта теплопровідності, вираженого у  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ .

$$\lambda_i = 0,035 + 0,00021 \cdot t_M$$

Де  $t_M$  - середня температура теплоізоляційного шару.

Коефіцієнт теплопровідності вологого ґрунту:

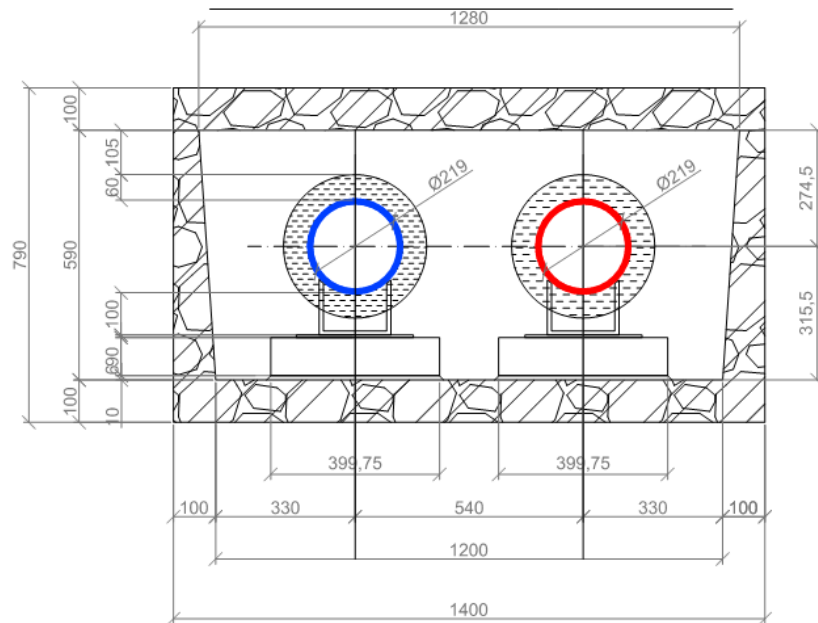
$$\lambda_r = 1,7 \text{ Вт}/\text{м}^\circ\text{C}$$

Трубопровід проходить на глибині 0,8м

$$\lambda_{\text{под}} = 0,035 + 0,00021 \cdot 90 = 0,0539 \text{ Вт}/\text{м}^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{згор}} = 0,035 + 0,00021 \cdot 50 = 0,0455 \text{ Вт}/\text{м}^\circ\text{C}$$

Розріз 4-4  
Канал марки  
КЛ 120-60 М1:10



Арк.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Нормативні тепловтрати в трубопроводах, які проходять у непрохідних каналах та мережах, що функціонують понад 5000 годин [7]:

$$q_{нор}^{\Pi} = 89 \text{ Вт} / \text{м}^{\circ}\text{С}$$

$$q_{нор}^3 = 48 \text{ Вт} / \text{м}^{\circ}\text{С}$$

Коефіцієнт теплопровідності залізобетону:

$$\lambda_K = 1,3 \text{ Вт} / \text{м}^{\circ}\text{С}$$

Коефіцієнт тепловіддачі поверхнею ізоляції повітрю канала:

$$q_{\Pi\Pi} = 10 \text{ Вт} / \text{м}^2\text{С}$$

$$q_{\Pi K} = 10 \text{ Вт} / \text{м}^2\text{С}$$

### Залежності для розрахунку теплової ізоляції.

Встановлюємо попередньо, що товщина ізоляції на подавальному трубопроводі повинна становити 80-90% від максимально можливої, тоді як на зворотному трубопроводі — половину від товщини ізоляції подавального трубопроводу. Значення товщин ізоляції:

$$\delta_{\text{под}} = 90 \text{ мм}$$

$$\delta_{\text{звор}} = 45 \text{ мм}$$

Термічний опір ізольованого трубопроводу з зовнішнім діаметром  $d_3$ , що має ізоляційне покриття з теплопровідністю  $\lambda_{iz}$  і товщиною  $\delta_{iz}$ , розташованого в каналах, включає наступні компоненти [4]:

- Термічний опір тепловіддачі від поверхні ізоляції до повітря в каналі,  $(\text{м}^{\circ}\text{С}) / \text{Вт}$ :

$$R_{i(j)} = \frac{1}{\Pi \cdot \alpha_3 \cdot (d_3 + 2 \cdot \delta_{i(j)})}$$

$$R_{ik}^{\text{под}} = \frac{1}{3,14 \cdot 10 \cdot (219 + 2 \cdot 90)} = 0,00008 \text{ м}^{\circ}\text{С} / \text{Вт}$$

$$R_{ik}^{\text{звор}} = \frac{1}{3,14 \cdot 10 \cdot (219 + 2 \cdot 45)} = 0,0001 \text{ м}^{\circ}\text{С} / \text{Вт}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Термічний опір ізоляції,  $(\text{m}^\circ\text{C})/\text{Вт}$ :

$$R_{i(j)} = \frac{1}{2\pi\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_3 + 2\delta_{i(j)}}{d_3}$$

$$R_{i_3}^{nod} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,054} \cdot \ln \frac{219 + 2 \cdot 90}{219} = 1,768 \text{ m}^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$R_{i_3}^{звор} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,046} \cdot \ln \frac{219 + 2 \cdot 45}{219} = 1,191 \text{ m}^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

- Термічний опір стінок каналу,  $(\text{m}^\circ\text{C})/\text{Вт}$ :

$$R_{СК} = \frac{1}{2\pi\lambda_K} \ln \frac{d_{e3}}{d_{ee}}$$

Де  $d_{e3}$  - еквівалентний діаметр відповідно зовнішньої поверхні каналу, м.

$$d_{e3} = \frac{4F_3}{\Pi_3}$$

Де  $F_3$  - площа зовнішнього поперечного перетину каналу.

$$F_3 = 0,937 \text{ м}^2$$

Де  $\Pi_3$  - периметр зовнішнього поперечного перетину каналу

$$\Pi_3 = 4,06 \text{ м}$$

Маючи ці дані отримуємо формулу:

$$R_{СК} = \frac{1}{2\pi\lambda_K} \ln \frac{F_3 \cdot \Pi_e}{F_e \cdot \Pi_3}$$

$$R_{СК} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,3} \ln \frac{0,937 \cdot 3,580}{0,708 \cdot 4,060} = 0,019 \text{ m}^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

- Термічний опір ґрунту,  $(\text{m}^\circ\text{C})/\text{Вт}$ :

$$R_{ГР} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{ГР}} \cdot \ln \frac{4 \cdot h}{d_{e3}}$$

$$R_{ГР} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,7} \cdot \ln \frac{4 \cdot h}{d_{e3}} = 0,128 \text{ m}^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- Термічний опір тепловіддачі від повітря в каналі до стінок каналу,  $(m^{\circ}C) / Bm$  :

$$R_{ПК} = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_{ПК} \cdot d_{ев}}$$

Де  $d_{ев}$  - еквівалентний діаметр відповідно внутрішньої поверхні каналу,  
м.

$$d_{ев} = \frac{4F_г}{\Pi_г}$$

Де  $F_г$  - площа внутрішнього поперечного перетину каналу.

$$F_г = 0,708 m^2$$

Де  $\Pi_г$  - периметр внутрішнього поперечного перетину каналу.

$$\Pi_г = 3,580 \text{ м}$$

$$R_{ПК} = \frac{\Pi_г}{4 \cdot \pi \cdot \alpha_{ПК} \cdot F_г}$$

$$R_{ПК} = \frac{3,580}{4 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 0,708} = 0,04 \text{ } m^{\circ}C / Bm$$

- Теплові втрати подавальним і зворотним трубопроводами:

$$q^{nod} = \frac{(\tau_1 - t_{BK}) \cdot (1 + \beta)}{R^{nod}}$$

$$q^{звор} = \frac{(\tau_2 - t_{BK}) \cdot (1 + \beta)}{R^{звор}}$$

$$q^{nod} = \frac{(90 - 18,3) \cdot (1 + 0,2)}{1,768} = 49,017 \text{ } Bm / м$$

$$q^{звор} = \frac{(50 - 18,3) \cdot (1 + 0,2)}{1,191} = 32,490 \text{ } Bm / м$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

• Під час прокладання кількох трубопроводів в одному лотковому каналі відбувається взаємний вплив між ними. У такій ситуації важливо завчасно визначити температуру повітря всередині каналу:

$$t_{BK} = \frac{\tau_1/R_1 + \tau_2/R_2 + t_{\Gamma}/R_3}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3}$$

Де  $R_1$  - термічний опір подавального трубопроводу, що складається з опорів,  $(m^{\circ}C)/Bm$ :

$$R_1 = R_{iz}^{nod} + R_{ik}^{nod}$$

$$R_1 = 1,768 + 0,00008 = 1,768 \text{ } m^{\circ}C / Bm$$

Де  $R_2$  - термічний опір зворотного трубопроводу складається з опорів,  $(m^{\circ}C)/Bm$ :

$$R_2 = R_{iz}^{звop} + R_{ik}^{звop}$$

$$R_2 = 1,191 + 0,0001 = 1,191 \text{ } m^{\circ}C / Bm$$

Де  $R_3$  - термічний опір каналу і ґрунту,  $(m^{\circ}C)/Bm$  :

$$R_3 = R_{ГП} + R_{ПК} + R_{СК}$$

$$R_3 = 0,128 + 0,03 + 0,04 = 0,187 \text{ } m^{\circ}C / Bm$$

$$t_{BK} = \frac{90/1,768 + 50/1,191 + 5/0,198}{1/1,768 + 1/1,191 + 1/0,198} = 17,7 \text{ } ^{\circ}C$$

• Визначаємо термічні опори неізолюваних трубопроводів:

$$R_{i(j)} = \frac{1}{\Pi * \alpha_3 * d_3} \text{ } m^2 K / Bm$$

$$R_{i(j)} = \frac{1}{3,14 * 10 * 0,219} = 0,14 \text{ } m^2 K / Bm$$

$$R_1 = R_2 = 0,14 \text{ } m^2 K / Bm$$

Перерахована температура в каналі буде становити:

$$t_{BK} = \frac{90/0,14 + 50/0,14 + 5/0,187}{1/0,14 + 1/0,14 + 1/0,187} = 52,296 \text{ } ^{\circ}C$$

Тепловтрати через подаючі та зворотні неізолювані трубопроводи складатимуть відповідно.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$q^{под} = \frac{(90 - 52,296) \cdot (1 + 0,2)}{0,14} = 323,18 \text{ Вт / м}$$

$$q^{згор} = \frac{(50 - 52,296) \cdot (1 + 0,2)}{0,14} = -19,68 \text{ Вт / м}$$

- Визначаємо коефіцієнт ефективності теплової ізоляції:

$$\eta = \frac{q_{Hi} - q_i}{q_{Hi}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{164,846 - 48,665}{164,846} \cdot 100\% = 84,833\%$$

Коефіцієнт ефективності ізоляції трубопроводів буде 84,833%

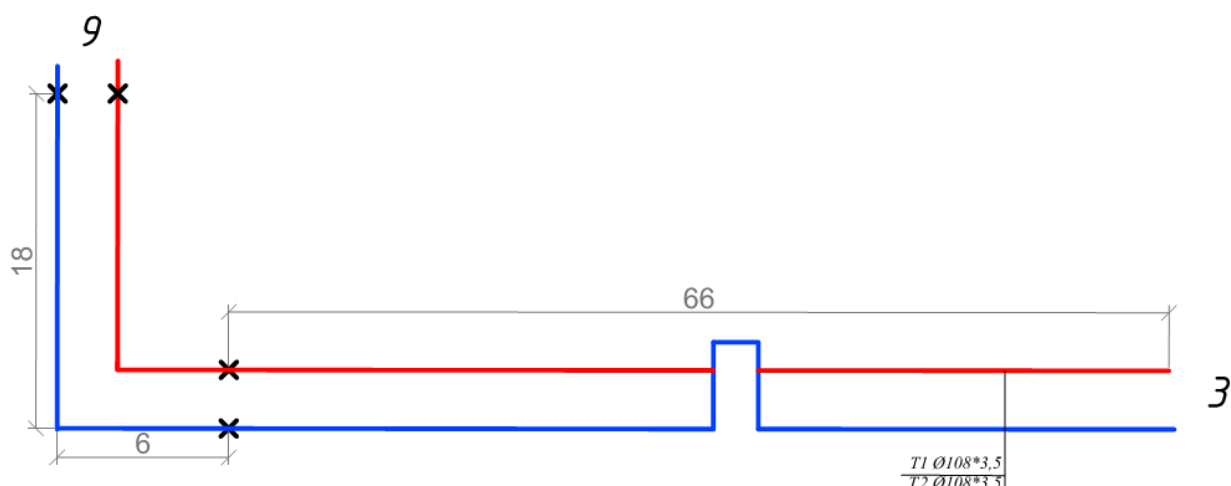
Якщо втрати тепла менші за нормативні, значить вибір товщини теплової ізоляції був правильним. Однак, якщо нормативні вимоги не дотримані, необхідно провести розрахунки заново та коригувати товщину ізоляції в бік збільшення або зменшення.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

**РОЗДІЛ 8.  
РОЗРАХУНОК КОМПЕНСАТОРІВ ТЕПЛОВОЇ  
МЕРЕЖІ**

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8.1. Розрахунок Г-подібного компенсатору



Визначаємо максимальні згинаючі напруження, що виникають на ділянці з кутовою конфігурацією, зосереджуються в замуравці меншого плеча, МПа:

$$\sigma = \frac{1,5 \cdot \Delta L_k \cdot E \cdot d_n}{L_k^2 \cdot \cos \beta} \cdot \left( 1 + \frac{1}{n} + \frac{n+3}{n \cdot (n+1)} \cdot \sin \beta \right) \quad (8.1)$$

Де  $\Delta L_k$  - подовження меншого плеча, м:

$$\Delta L_k = \alpha_1 \cdot (\tau - t_0) \cdot L_k \quad (8.2)$$

Де  $\alpha_1$  - коефіцієнт лінійного розширення металу, 1/К:

$$\alpha_1 = 0,000012$$

Де  $\tau$  - максимальна температура теплоносія в трубопроводі, °С:

$$\tau = 150$$

Де  $t_0$  - температура навколишнього повітря при будівництві ТМ, °С:

$$t_0 = 5$$

Де  $L_k$  - довжина меншого плеча:

$$L_k = 6$$

$$\Delta L_k = 0,000012 \cdot (150 - 5) \cdot 6 = 0,0104$$

Де  $E$  - модуль Юнга, МПа

$$E = 200000$$

Де  $n$  - відношення довжини більшого плеча до меншого плеча:

$$n = 3$$

Де  $\beta$  - коефіцієнт врахування кута повороту компенсатора, при 90°:

$$\beta = 0$$

Де  $d_n$  - зовнішній діаметр т-ду, м:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_n = 0,108$$

$$\sigma = \frac{1,5 \cdot 6 \cdot 200000 \cdot 0,108}{6 \cdot 6 \cdot \cos(0)} \cdot \left( 1 + \frac{1}{3} + \frac{3+3}{3 \cdot (3+1)} \cdot \sin(0) \right) = 7,182 \text{ МПа}$$

Визначаємо відповідно довгого і короткого плечей максимальні бічні зміщення:

$$\Delta K = \Delta L_K \cdot \frac{(1+n \cdot \sin \beta)}{\cos \beta} \quad (8.3)$$

$$\Delta K = 0,0104 \cdot \frac{(1+3 \cdot \sin(0))}{\cos(0)} = 0,0104 \text{ м}$$

$$\Delta I = 0,0104 \cdot \frac{(1+3 \cdot \sin(0))}{\cos(0)} = 0,0104 \text{ м}$$

Визначаємо для зварних компенсаторів сила пружної деформації в замуровці меншого плеча:

$$P = 10^3 \cdot \alpha_1 \cdot B \cdot E \cdot I \cdot (\tau - t_0) / L_K^2 \quad (8.4)$$

Де  $I$  - момент інерції труби,  $m^4$

$$I = 0,05 \cdot (d_H^4 - d_B^4) \quad (8.5)$$

$$I = 0,05 \cdot (0,108^4 - 0,101^4) = 0,000002;$$

Визначаємо з рівняння коефіцієнт  $B$ : (8.6)

$$B = \frac{\left[ (3n^3 + 4n + 1) + n^2 \cdot \sin^2 \beta \cdot (n^2 + 7n) + n \cdot \sin \beta \cdot (n^4 + 4n^3 + 10n + 1) \right]}{n^3 \cdot \cos^2 \beta \cdot (1+n)}$$

$$B = \frac{3 \cdot 3^3 + 4 \cdot 3 + 1}{3^3 \cdot \cos^2(0) \cdot (1+3)} = 1,1$$

Визначаємо значення пружної деформації:

$$F_{к2} = \frac{(10^3 \cdot 0,000012 \cdot 1,1 \cdot 200000 \cdot 0,00002 \cdot (150 - 5))}{6^2} = 0,213 \text{ кН}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 8.2. Розрахунок П-подібного компенсатора

Завдання розрахунку полягає у визначенні розмірів компенсатора, зокрема вильоту  $H$  і ширини  $B$ , а також сили пружної деформації.

Розміри компенсатора встановлюються залежно від величини компенсуючої здатності. Ця здатність дорівнює тепловому подовженню трубопроводу:

$$\Delta L = \alpha_1 \cdot (\tau - t_0) \cdot L \quad (8.7)$$

$$\Delta L = 0,000012 \cdot (150 - 5) \cdot 66 = 115 \text{ мм}$$

Де  $L$  - відстань між опоарми, м.  $L=66\text{м}$

$$B/H=2/1 \quad H = 12 \cdot D_y = 12 \cdot 108 = 1296 \text{ мм}$$

$$B = H \cdot 2 = 2,592 \text{ мм}$$

Визначаємо силу пружної деформації для П-подібного компенсатора зі зварними відводами,  $\kappa H$ :

$$P_{\kappa 1} = 10^3 \cdot \Delta L \cdot E \cdot I / A \quad (8.8)$$

Де  $A$ -комплесний геометричний параметр компенсатора:

$$A = 0,67 \cdot H^3 + B \cdot H^2 \quad (8.9)$$

$$A = 0,67 \cdot 1,296^3 + 2,592 \cdot 1,296^2 = 5,81$$

$$P_{\kappa 1} = \frac{10^3 \cdot 115 \cdot 200000 \cdot 0,000002}{5,81} = 7,917 \text{ кН} \quad (8.10)$$

Розрахунок осьового зусилля на нерухому опорі:

$$F_p = f \cdot g \cdot L \quad (8.11)$$

Де  $f$  - коефіцієнт тертя рух. опор,

$$f=0,3$$

Де  $g$  - маса погонної довжини трубопроводу теплових мереж, ізоляції,  $\text{кг/м}$ :

$$g = 249 \text{ кг/м}$$

$$F_{p2} = 0,3 \cdot 249 \cdot 6 = 0,45 \text{ кН}$$

$$F_{p1} = 0,3 \cdot 249 \cdot 33 = 2,47 \text{ кН}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 9.  
ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ  
МОНТАЖНИХ РОБІТ**

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним із найважливіших етапів, що мають вирішальне значення для безаварійної експлуатації теплової мережі є з'єднання попередньоізольованих труб та елементів трубопроводів.

Монтаж попередньоізольованих труб та елементів теплових мереж повинен проводитися висококваліфікованою бригадою при сприятливих атмосферних умовах згідно вимог монтажною схемою.

Усі роботи проводити з дотриманням правил техніки безпеки при виконанні монтажних робіт, рекомендацій виробника попередньоізольованих труб і елементів при використанні продукції, вимог проекту теплової мережі .

Системи тепlopостачання з часом застарівають, вони вимагають ремонту або повної заміни. Сьогодні спостерігається інтенсивне будівництво нових об'єктів, які потрібно підключати до систем інженерних комунікацій. Особлива увага приділяється технологіям енергоощадження, які підвищують ефективність експлуатації теплових ліній.

При проектуванні та прокладанні теплових мереж потрібно враховувати ряд факторів, що визначають можливість та рентабельність застосування сучасних інженерних будівельних та теплотехнічних технологій. Розрізняють економічні та технічні фактори [9] .

Технічні фактори:

- Наявність потрібної для ремонту матеріальної та технічної бази;
- Професійна кваліфікація персоналу;
- Простота використання певних способів прокладання та можливість їх застосування;
- Уніфікація діючих систем та інтеграція в них сучасних технологій.

Економічні фактори:

- Розмір інвестицій в матеріали та будівельні роботи;
- Інтеграція сучасних енергоефективних технологій з метою зниження витрат на експлуатацію системи;
- Доступність виробничої бази матеріалів у регіоні, де буде монтуватись трубопровід.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

При підземному розміщенні труб вирізняють каналний та безканалний способи прокладання.

При каналному прокладанні труби розміщуються у спеціальному футлярі, який зроблений із готових залізобетонних лотків, накритих зверху бетонними плитами. Всередині лотків труби додатково тепло ізолюють (навісним методом). При цьому використовуються прошивні теплоізоляційні матеріали або базальтове волокно. При каналному способі прокладання метал не затиснутий товщею ґрунту, тому труби можуть зміщуватись в результаті температурної деформації.



Залізобетонний канал для трубопроводу має наступні переваги:

- Додатковий механічний захист магістральної лінії;
- Підвищена безпека для громадян у випадку аварійного проривання труб;
- Зручні умови виконання ремонтних робіт.

Серед недоліків:

- Значний обсяг ремонтних робіт;
- Окрім труб потрібно буде транспортувати бетонні лотки;
- Необхідність застосування підйомної техніки.

Різновидом каналного прокладання є прокладання трубопроводів у футлярах (гільзах). Така технологія найбільш доцільна при локальному ремонті або модернізації системи.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Безканальне прокладання тепломереж з сталевими трубами не вимагають додаткового захисту, а технологія прокладання має наступні особливості [10]:

- Зменшені обсяги земляних робіт при монтажі або ремонті;
- Можливість прокладання трубопроводів в умовах високих ґрунтових вод без необхідності облаштування дренажних систем;
- Можливість використання системи дистанційного контролю за станом зварювальних стиків труб.

В якості тепло ізоляторів для попередньо ізольованих труб використовуються такі матеріали:

ППУ – пінополіуретан;

АПБ – армопінобетон;

ППМ – піно полімерна мінеральна сировина;

ППБ – пінополімербетон.

Грамотний підбір матеріалів, а також обґрунтований вибір технологій прокладання теплотрас повинні переслідувати комплексну ціль – раціональне, ефективне і безпечне теплопостачання об'єктів.

Сьогодні спостерігається стрімке зниження «монтажної» вартості енергоефективних технологій, що забезпечують постійну і суттєву економію коштів в період експлуатації системи.

Методи монтажу теплових мереж.

Будівництво та прокладання теплових мереж у Києві та Київській області здійснюється за двома основними методами:

#### 1. Підземний монтаж теплотрас

Цей метод є найбільш популярним у міських умовах, оскільки дозволяє зменшити вплив теплових мереж на ландшафт і забезпечити їхню захищеність від погодних умов.

Переваги:

- Захист від механічних пошкоджень
- Мінімальний вплив на міську інфраструктуру

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



- Монтаж підземних теплотрас: виконується з прокопуванням траншей, дренажем і облаштуванням піщаної подушки
- Монтаж наземних теплотрас: передбачає встановлення опор, на яких закріплюються труби

Прокладання трубопроводів. На цьому етапі виконується укладання трубопроводів відповідно до проекту. Важливо дотримуватися технологічних норм, щоб забезпечити герметичність і довговічність системи.

Зварювання є одним із найвідповідальніших процесів, оскільки від його якості залежить герметичність і стійкість з'єднань. Використовуються такі методи зварювання:

- Електродугове зварювання – найпоширеніший метод для сталевих труб
- Газове зварювання – застосовується для мідних та деяких полімерних труб.
- Екструзійне зварювання – використовується для поліетиленових трубопроводів.

Щоб мінімізувати тепловтрати, на трубопроводи наносять спеціальну ізоляцію:

- Предізольовані труби з пінополіуретановою (ППУ) ізоляцією та захисним покриттям.
- Базальтові та мінеральні утеплювачі для додаткового захисту від зовнішніх впливів

Перед введенням системи в експлуатацію проводяться:

- Гідравлічні випробування під високим тиском для перевірки герметичності трубопроводів
- Контроль температурних і тискових показників перед запуском теплоносія

Сучасні технології монтажу теплових мереж.

Завдяки впровадженню новітніх технологій, монтаж теплотрас у Києві стає більш ефективним та швидким.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

### 1. Використання предізолізованих труб

- Зменшують тепловтрати до 30% порівняно зі звичайними трубами
- Захищені від корозії завдяки полімерному покриттю
- Спрощують монтаж, оскільки мають вбудовані системи контролю герметичності

### 2. Безтраншейне прокладання теплотрас

- Горизонтально-направлене буріння (ГНБ) дозволяє прокладати труби під дорогами, річками та іншими об'єктами без розкопок
- Метод санації дозволяє прокладати нові труби всередині старих, що знижує вартість ремонту

### 3. Автоматизація контролю теплових мереж

- Системи дистанційного моніторингу дозволяють відстежувати стан трубопроводів у режимі реального часу
- Тепловізійне обстеження використовується для виявлення тепловтрат і пошкоджень ізоляції

Залежно від способу прокладання теплових мереж та параметрів теплоносія застосовують труби з різною товщиною стінок і різних зовнішніх діаметрів [11]. Замовляючи труби, у специфікаціях необхідно вказати робочі параметри теплоносія. Як деталі трубопроводів, застосовуються гнуті гладкі, крутовигнуті й зварні відводи, симетричні, несиметричні переходи – ексцентричні й концентричні сталеві штамповані та несиметричні й симетричні зварні, виготовлені з листової сталі. Залежно від способу прокладання й діаметрів трубопроводів у теплових мережах застосовують ковзні, коткові, підвісні (прості й пружинні) рухливі опори. На ділянках безканалного прокладання трубопроводів рухливі опори не встановлюють. Ковзні опори для труб із умовним проходом до Ду 175 мм включно застосовують у разі всіх способів прокладання теплових мереж. Для труб із умовним проходом Ду 200...1 200 мм ковзні опори застосовують у разі

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

прокладання труб у непрохідних і напівпрохідних каналах і для нижнього ряду труб у тунелях.

Коткові опори застосовують для труб із умовним проходом  $D_u$ , що дорівнює 200 мм і більше, під час прокладання трубопроводів на окремо розташованих низьких і високих опорах, по стінах будівель. Під час надземного прокладання трубопроводів на естакадах застосовують як ковзні, так і коткові опори.



Нерухомі опори фіксують окремі точки трубопроводу, ділять його на незалежні щодо температурних подовжень ділянки та сприймають зусилля, що виникають у трубопроводах за різних схем і способів компенсації теплових подовжень. Під час проектування теплових мереж іноді доцільно використовувати трубопровід більшого діаметру як несучу конструкцію для прокладання на ньому трубопроводу з меншим діаметром (прокладання «труба на трубі»). До того ж обов'язково проводиться перевірочний розрахунок нижнього трубопроводу на міцність з урахуванням додаткового навантаження верхнього трубопроводу. Арматуру, фланці, заглушки й компенсатори вибирають залежно від температури і виду теплоносія й умовного тиску [12]. Для теплових мереж застосовують сталеву й чавунну арматуру з фланцевими та муфтовими приєднувальними кінцями, а також із кінцями під приварювання труб. У процесі будівельно-монтажних робіт у трубопроводі теплових мереж потрапляють пісок, окалини, електроди. До введення в експлуатацію теплових мереж це сміття необхідно видалити.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 10.**  
**ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.**

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



роботу систем тепlopостачання. Це зумовлює необхідність застосування двотрубної системи тепlopостачання з установкою в ІТП пластинчастих теплообмінників, підключенням місцевих систем опалення за незалежною схемою, а систем гарячого водопостачання за одноступінчастою схемою. Застосування ІТП дозволяє підтримувати в зовнішніх теплових мережах оптимальний гідравлічний режим, а внутрішні системи у зв'язку з низькими температурами і тиском теплоносія виконувати з полімерних матеріалів. Комбінована вироблення електричної та теплової енергії вимагає зниження температури теплоносія, що повертається на джерело. Це можливо, якщо прийняти розрахункові температури в системах опалення будівель не 95–70 °С, як це вимагають норми, а нижче: 95–50 °С. Це знизить витрати теплоносія та втрати тепла під час транспортування. Найбільша економія тепла до 50 % може бути отримана при застосуванні сучасних будівельних конструкцій з підвищеними термічними опорами теплопередачі. Такі конструкції слід закладати у нове будівництво та застосовувати при реконструкції будівель [4,5].

В атестаційній випускній роботі передбачено застосування енергозберігаючих заходів, які включають:

- Облаштування надійної теплоізоляції трубопроводів, запірної арматури та обладнання теплового пункту.
- Автоматичне підтримання стабільної температури на виході з теплообмінника гарячого водопостачання.
- Автоматичне регулювання витрат тепла для опалення в залежності від температури зовнішнього повітря.

Також проводиться облік:

- Витрат тепла для приміщень.
- Витрат води з водопроводу та циркуляційного трубопроводу гарячого водопостачання.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

**РОЗДІЛ 11.  
ОХОРОНА ПРАЦІ**

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

**11.1 Аналіз проекту по небезпечним та шкідливим факторам на період монтажу систем теплопостачання.**

№	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Джерело, види робіт	Кількість, оцінка	Норматив
1	2	3	4	5
1	Електричний струм	-електрозварювальні машини -робоче освітлення	U=220В	ДСТУ 12.1.013-78 ПУЕ НПАОП 40.1-1.21-98
2	Падіння предметів з висоти	-монтажні роботи	H=3,0м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.14
3	Падіння людей з висоти	-земляні роботи	H=3,0м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.10
4	Обвалення ґрунту	- земляні роботи	ґрунт - супісок. Глибина траншеї h=3,0м Рівень ґрунтових вод 8,3м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.10
5	Шум	-експлуатація машин і механізмів	Рівень <85 дБ	ДСН 3.3.6.037-99
6	Вантажопідіймальні машини	-переміщення матеріалів, конструкцій, тощо	небезпечна зона роботи трубоукладчика R <sub>н.з</sub> =11.5м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.8
7	Незадовільні параметри мікроклімату	-монтаж, експлуатація систем	Температура t=16-18°C, вологість, φ=40-60%, рухливість повітря, v=0,3м/с	ДСН 3.3.6.042-99
8	Освітлення	-освітлення ІТП	2 лк	ДБН В.2.5-28-2006
9	Атмосферна електрика	-захист від блискавки	K <sub>кат.</sub>	ДСТУ Б В.2.5-38:2008

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 11.2. Заходи профілактики виявлених факторів в інших розділах проекту.

### 1. Електричний струм.

З метою запобігання ураженню електричним струмом передбачається заземлення або занулення обладнання та механізмів, оснащених електроприводом. Для підведення зварювального струму до електроутримувачів і горілок для дугового зварювання слід використовувати ізольовані гнучкі кабелі, спроектовані для надійної роботи за умов максимальних електричних навантажень з урахуванням тривалості циклу зварювання.

### 2. Падіння предметів з висоти.

Для забезпечення безпечного виконання такелажних робіт використовуються стропи, які запобігають падінню або ковзанню застропованого вантажу. Важливо дотримуватись умов експлуатації вантажопідйомних механізмів, а також строп та спеціальних вантажозахватних пристроїв.

### 3. Падіння людей з висоти.

Котловани та траншеї, які розкопуються на вулицях, проїздах, у дворах населених пунктів, а також в місцях, де є рух людей або транспорту, слід забезпечити захисними огорожами. На цих огорожах рекомендується розміщувати попереджувальні написи та знаки, а в нічний час — встановлювати сигнальне освітлення. Для безпечного переходу людей через траншеї необхідно облаштувати перехідні містки із нічним освітленням. Перед початком робіт у котлованах чи траншеях з глибиною понад 1,3 м слід перевірити стійкість схилів або закріплення стін.

### 4. Земляні роботи.

Щоб запобігти зсувам ґрунту під час його розробки та проведення подальших робіт у траншеях при прокладенні трубопроводу, влаштовують відкоси. Якщо облаштування траншеї з відкосами неможливе через наявні поблизу підземні комунікації, перевіряють можливість створення траншеї без

						Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відкосів і кріплень з вертикальними стінками. Вісь руху транспортних засобів розміщується на безпечній відстані від краю відкосу за межами призми зсуву ґрунту. [13].

#### 5. Виробничий шум.

Шум, спричинений механічними процесами – це звук, що утворюється через вібрацію поверхонь машин та обладнання або через удари в місцях з'єднання деталей, комплексних одиниць чи конструкцій загалом. Максимально допустимий рівень шуму складає 85 дБ. Вібраційні установки та інше обладнання повинні регулярно проходити перевірку акустичних характеристик, щоб не перевищувати стандарти.

#### 6. Підймальне обладнання і машини.

Перед початком використання машин керівник робіт повинен визначити маршрут руху та місця розташування машин, а також способи занулення або заземлення для машин з електроприводом. Потрібно вказати методи взаємодії та сигналізації між оператором машини та робітником-сигнальником, який обслуговує машину. Також, за потреби, слід визначити місце розташування сигнальника та забезпечити належне освітлення робочої зони [13].

#### 7. Шкідливі речовини.

Під час виконання ізоляційних робіт, які включають гідроізоляцію, теплоізоляцію та антикорозійний захист із використанням вогнебезпечних матеріалів, а також матеріалів, що виділяють шкідливі речовини, необхідно забезпечити захист працівників від дії цих речовин і від термічних та хімічних опіків. Щоб запобігти отруєнню під час ізоляційних робіт, застосовується вентиляція теплофікаційних камер за допомогою пересувних пристроїв.

#### 8. Термічний фактор.

Місця проведення електрозварювальних та газополум'яних робіт на цьому, а також нижчих ярусах (при відсутності захисного настилу або настилу, захищеного негорючим матеріалом) мають бути очищені від

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

горючих матеріалів на відстані не менше 5 метрів. Від вибухонебезпечних матеріалів і установок, включаючи газові балони та газогенератори, відстань має становити 10 метрів.

Зварювання, різання та нагрів відкритим полум'ям апаратів, судин і трубопроводів, що містять під тиском рідини або газу, заповнених небезпечними або шкідливими речовинами чи належать до електротехнічних пристроїв, заборонено проводити без узгодження з експлуатуючою організацією заходів із забезпечення безпеки.

#### 8. Метеорологічні умови.

Виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях заборонено, якщо швидкість вітру перевищує 15 м/с, а також під час ожеледі, грози або туману, що значно обмежує видимість на робочому об'єкті. Переміщення та встановлення вертикальних панелей або інших конструкцій з великою парусністю слід припинити при швидкості вітру понад 10 м/с .

### **11.3. Визначення стійкості трубоукладчика.**

При розрахунку кранів на стійкість, згідно правилам влаштування та безпечної експлуатації вантажопідйомних робіт, треба визначити [14]:

- Коефіцієнт вантажної стійкості: з розрахунком додаткових навантажень:

$$K_{\text{вант.стійк.}} = ((MG - (Mw^k + Mw'^2 My + Mu * My^2 + My^L) / MQ) > 1.15$$

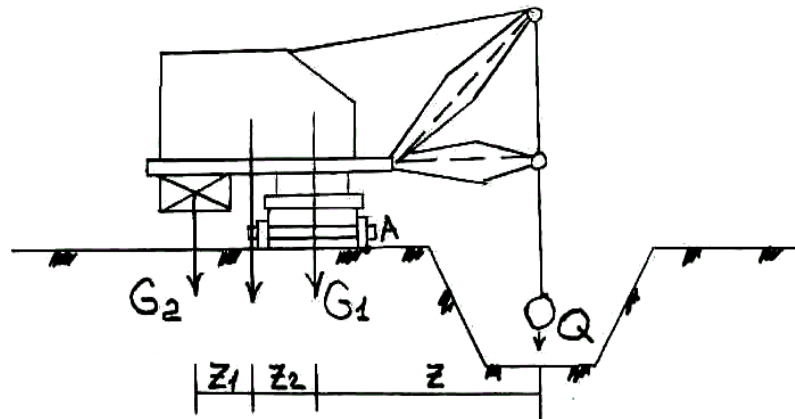
- Коефіцієнт вантажної стійкості: без розрахунку додаткових навантажень:

$$K_{\text{вант. стійк.}} = MG/MQ > 1.4$$

- Коефіцієнт власної стійкості:

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

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



Розраховуємо допустиме навантаження на стрілу, при  $K_{\text{ван.ст.}} < 1,4$ : без розрахунку додаткового навантаження.

Розрахунок проводимо при максимальному вильоті стріли.

Вихідні дані:

$$G_1 = 10500 \text{ кг}$$

$$G_2 = 630 \text{ кг}$$

$$Z = 6,0 \text{ м}$$

$$Z_1 = 1,5 \text{ м}$$

$$Z_2 = 0,5 \text{ м}$$

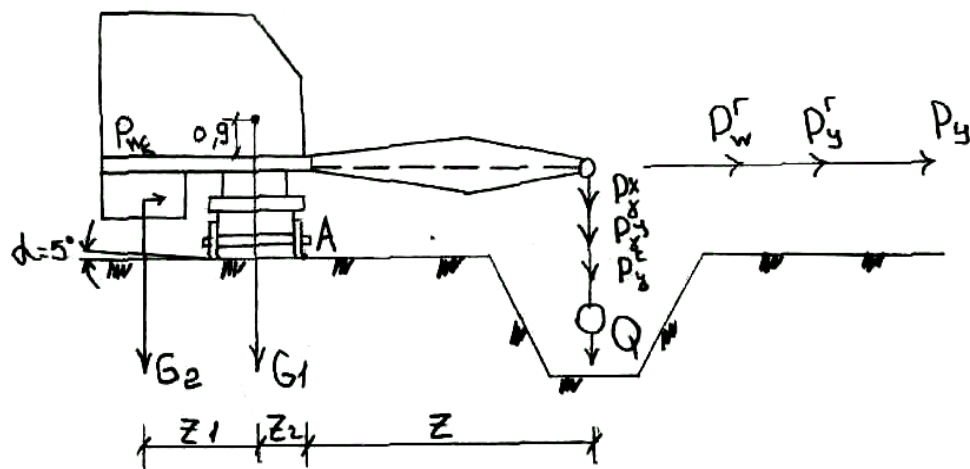
Трубоукладчик типу ТГ-61

$$MG/MQ = 1,4 - \text{або } ((Z_1 G_1 + (Z_1 + Z_2) G_2)) / Z Q = 1,4$$

$$Q < ((0,5 * 10,5 * 10^3 + (1,5 + 0,5) * 630)) / 1,4 * 6 = 775 \text{ кг}$$

Розраховуємо допустиме навантаження  $Q$  при розрахунку додаткових навантажень.

Розрахунок проводимо при максимальному вильоті стріли.



Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Де  $m.A$  – точка опрокинення;

$MG$  – вага крану, кг;

$MQ$  – вага найбільшого робочого вантажу, кг;

$Z_1$  – відстань від осі обороту до додаткового вантажу, м;

$Z_2$  – відстань від осі обороту трубоукладчика до ребра опрокинення.

$Pw^k$  – вітрове нормативне навантаження;

$Pu^k$  – додаткове зусилля;

$Pw^p$  – вітрове нормативне навантаження, яке діє перпендикулярно ребру опрокинення і паралельно площі, на якій встановлений трубоукладчик.

Вихідні дані:

$$Z = 6,0 \text{ м}$$

$$G_1 = 10500 \text{ кг}$$

$$Z_1 = 1,5 \text{ м}$$

$$G_2 = 630 \text{ кг}$$

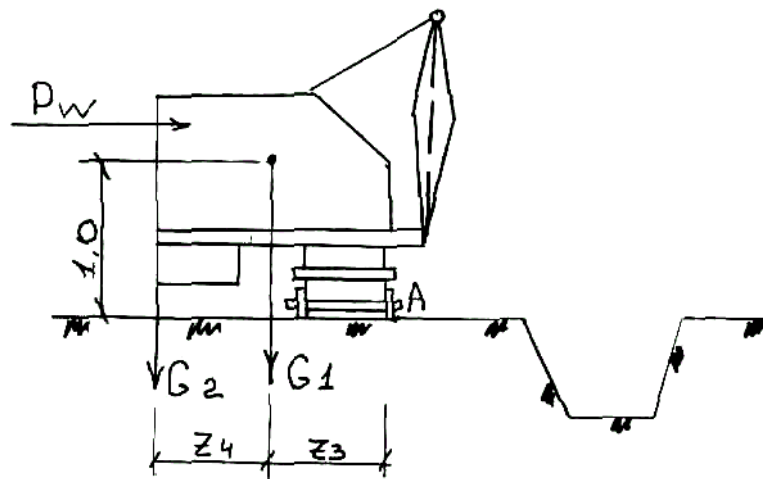
$$Z_2 = 0,5 \text{ м}$$

$$Pw^k = 200 \text{ кг}$$

$$MG = G_1 + Z_2 * \cos \alpha + G_2 - (Z_1 + Z_2) * \cos \alpha$$

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

$$Mw^k = Pw^k + h_{ym} = 200 * 0,5 = 100 \text{ кг*м}$$



$$1,15 = ( 1154,8 - 100 - 88 ) / Z * Q;$$

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

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо власну стійкість.

Вихідні дані:

$$P_w = 200 \text{ кг}$$

$$Z_3 = 0,5 \text{ м}$$

$$Z_4 = 1,0 \text{ м}$$

$$G_1 = 10500 \text{ кг}$$

$$G_2 = 630 \text{ кг}$$

$$h_{ym} = 1,0 \text{ м}$$

$$K_{вл.ст} = ((G_1 * Z_3 + (Z_3 + Z_4) * G_2)) / P_w * h_{ym} ;$$

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

За результатами розрахунків робимо висновок, що допустиме навантаження при максимальному вильоту стріли для трубоукладчика типу ТГ-63 складає 2200кг.

#### 11.4. Визначення розміру небезпечної зони при роботі трубоукладчика.

Під час роботи вантажопідіймальної машини небезпечною зоною вважається ділянка, де можуть переміщуватися машини і вантажі з урахуванням максимально можливого відльоту об'єктів у разі їх падіння. Тому розміри небезпечної зони визначаються технічними характеристиками трубоукладника, такими як виліт стріли та висота підйому, а також параметрами шляхів його переміщення та габаритами вантажів [14].

Визначаємо розмір небезпечної зони для трубоукладчика:

$$R_{неб.з.} = R_{max} + n + S$$

Де  $R_{max}$  – максимальний виліт стріли, м;

$S$  – відліт елемента що монтується, при висоті підйому, до 10 м;

$n$  – півдовжини труби.

$$R_{неб.з.} = 6 + 4,5 + 4 = 14,5 \text{ м}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ – НБВ.1.1-27:2010. ”Будівельна кліматологія”, – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. –123с.
2. ДБН В.2.5 – 39:2008 “Теплові мережі”, – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011 – 56с.
3. П.М.Єнін, Н.А.Швачко. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі і споруди»), – Київ: Кондор,2007. – 241с.
4. Малявіна О. М. Теплопостачання : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція» / О. М. Малявіна, В. А. Міланко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 147 с.
5. Технічна експлуатація інженерних мереж : навч. посібник / О. В. Якименко, Н. Г. Морковська ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 289 с.
6. Швачко Н.А. Теплопостачання: методичні вказівки до виконання курсового проекту для підготовки студентів спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція» / Н.А. Швачко ; Київ. нац. ун-т буд-ва та арх. – К.: КНУБА, 2013. – 48 с.
7. Методичні вказівки до курсового проекту “Теплопостачання мікрорайону” для студентів спеціальності 7.092108 “Теплогазопостачання і вентиляція” факультету підвищення кваліфікації і перепідготовки спеціалістів. / Укл. Єнін П. М., Швачко Н.А., – Київ: КНУБА, 2000. – 47 с.
8. Онлайн каталог Віло Україна.  
<https://wilo.com/ua/uk/%D0%9E%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F/uk/virobi-ta-profesiyniy-dosvid>

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

9. Організація і планування будівництва. В.М. Майданов та ін. – К.: Урожай, 1993. – 432 с.
10. Правила технічної експлуатації систем тепlopостачання комунальної енергетики України. / А.М. Тугай, П.М. Єнін, Г.Г. Шишко та інші – Київ, 1999. – 200 с.
11. Система труб та деталей трубопроводів теплових мереж з тепловою ізоляцією з поліуретану і захисною оболонкою. Каталог виробів та рекомендації з використання і проектування. ВАТ “Завод сантехнічних заготовок”, 2001. –160с.
12. Труби та елементи трубопроводів, попередньо теплоізовані спіненим поліуретаном, для гарячого водопостачання і теплових мереж. Каталог продукції ТзОВ «Ельпласт-Тепло», Львів. 2013 – 48с.
13. Охорона праці: методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах (роботах) бакалаврів та магістрів інженерно будівельних спеціальностей / уклад.: О.Г. Вільсон, І.В. Клімова, В.Г. Дзюбенко, О.М. Гунченко, С.В. Федоренко – К.: КНУБА, 2021. – 36 с. <http://library.knuba.edu.ua/>
14. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей. Навчальний посібник. За редакцією В.В. Сафонова - К.: Основа, 2011. - 480с.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						