

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції



**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання курсової роботи

з дисципліни

**"ЗМІННІ ГІДРАВЛІЧНІ РЕЖИМИ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ"**

для студентів другого (магістерського) рівня,

що навчаються за освітньою програмою

Теплогазопостачання і вентиляція

спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

Одеса 2020

"ЗАТВЕРДЖЕНО"  
Вченою Радою  
Інституту гідротехнічного будівництва  
та цивільної інженерії

Укладачі: д.т.н., проф. О. П. Воінов

к.т.н., доц. Ю. Г. Елькін

к.т.н., доц. В. П. Баришев

Рецензенти: зав. кафедрою прикладної екології та гідрогазодинаміки ОНПУ,  
д.т.н., професор В.А. Арсірій,  
к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики і трубопровідного  
транспорту енергоносіїв ОНАХП М.І. Лапардін

В даних методичних вказівках наведена методика гідравлічного розрахунку теплової мережі для різних гідравлічних режимів. Наведено приклад розрахунку.

Відповідальний за випуск: зав. каф. ТГПіВ, доцент Ю.Г. Елькін

## Зміст

Зміст .....	3
Вступ .....	4
1. Завдання. Зміст роботи .....	4
2. Визначення витрат мережної води по ділянках магістралі .....	6
2.1. Розрахункові витрати мережної води в ЦТП .....	6
2.2. Витрати мережної води в неопалювальний період .....	8
2.3. Витрати мережної води при аварійному режимі .....	8
3. Визначення опору теплової мережі і її частин.....	10
3.1. Визначення діаметрів ділянок магістралі.....	10
3.2. Визначення діаметрів перемичок .....	10
3.3. Визначення опору ділянок магістралі.....	10
4. Побудова п'єзометричних графіків .....	14
4.1. П'єзометричний графік для розрахункового режиму.....	14
4.2. П'єзометричний графік для літнього режиму .....	14
4.3. П'єзометричний графік для аварійного режиму .....	14
5. Розробка монтажною схемою теплової мережі та теплофікаційної камери. ....	15
5.1. Розробка монтажною схемою ділянки, яка розраховується ....	15
5.2. Розробка теплофікаційної камери .....	16
6. Оформлення роботи.....	16
Приклад розрахунку.....	17
Додатки .....	23
Література .....	34

## **ВСТУП**

Сучасна водяна теплова мережа представляє собою складну гідравлічну систему взаємопов'язаних ланок, режими роботи кожної з них впливають одна на одну, а також на роботу всієї системи в цілому.

Експлуатаційний режим теплової мережі зі змішаним тепловим навантаженням характеризується значною зміною витрати теплоносія як протягом року, так і протягом доби, що обумовлено необхідністю регулювання різнорідних теплових потоків в теплових мережах.

Одним із ефективних засобів підвищення надійності систем теплопостачання є резервування теплових мереж за допомогою перемичок між головними магістралями. Це дає можливість функціонувати всім споживачам при відключенні будь-якої ділянки теплової мережі.

Відповідно до програми курсу в даній роботі проводяться необхідні розрахунки для аналізу режимів роботи теплових мереж в опалювальний і неопалювальний періоди, а також розглядається один з можливих варіантів роботи теплових мереж в аварійному режимі.

Дані методичні вказівки рекомендуються до використання також і при розробці відповідних розділів дипломного проекту.

### **1. ЗАВДАННЯ. ЗМІСТ РОБОТИ**

У завданні на курсову роботу задається:

- місто;
- схема магістральних і розподільних теплопроводів;
- кількість центральних теплових пунктів (ЦТП);
- структура і величини розрахункових теплових потоків для кожного ЦТП;
- довжини ділянок магістралі і відгалужень до ЦТП, а також
- довжини проміжної (ПП) і кінцевої (КП) однотрубною перемичок;
- дані по рельєфу місцевості в зоні теплової мережі (ухил місцевості);

- ділянка магістралі, для якої необхідно розрахувати кількість компенсаторів температурних подовжень і розробити монтажну схему.
- місце виникнення аварії на магістральному трубопроводі;

В обсяг курсової роботи входить рішення основних, пов'язаних зі змінними гідравлічними режимами питань, зміст і послідовність викладу яких приводяться в даних методичних вказівках.

Графічна частина проекту складається з одного аркуша формату А-1, на якому наносяться генплан теплових мереж, п'єзометричні графіки в опалювальний, неопалювальний періоди, а також для аварійного режиму, фрагмент монтажною схеми ділянки, яка розраховується згідно завдання, із вказівкою розташування нерухомих опор і розміщенням компенсаторів температурних подовжень, план і розріз теплофікаційної камери та приводяться умовні позначки.

### **Зміст роботи:**

Вступ. Аналіз вихідних даних.

1. Завдання. Зміст проекту.
2. Визначення витрат мережної води по ділянках магістралей.
  - 2.1. Витрата мережної води при розрахунковому режимі.
  - 2.2. Витрата мережної води в неопалювальний період.
  - 2.3. Витрата мережної води при аварійному режимі,
3. Визначення опору мережі і її частин.
  - 3.1. Визначення діаметрів ділянок магістралі.
  - 3.2. Визначення діаметрів перемичок.
  - 3.3. Визначення опору ділянок магістралі.
4. Побудова п'єзометричних графіків.
  - 4.1. П'єзометричний графік для розрахункового режиму.
  - 4.2. П'єзометричний графік для літнього режиму.
  - 4.3. П'єзометричний графік для аварійного режиму
5. Розробка монтажною схеми теплової мережі і теплофікаційної камери.

- 5.1. Розробка монтажної схеми ділянки яка розраховується.
- 5.2. Розробка теплофікаційної камери.
- 6. Оформлення проекту

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ МЕРЕЖНОЇ ВОДИ НА ДІЛЯНКАХ МАГІСТРАЛІ

Витрати  $G_i$  мережної води в будь-якій ділянці магістралі визначаються як сума витрат  $\sum G_{цтп}$ , центральних теплових пунктів (ЦТП), які обслуговуються цією ділянкою.

### 2.1. Розрахункові витрати мережної води в ЦТП

Розрахункові витрати  $G_{цтп}$  центральних теплових пунктах залежать від схеми приєднання до теплових мереж підігрівачів гарячого водопостачання і визначаються згідно формул:

- при паралельній схемі

$$G_{цтп} = \frac{Q_o^p \cdot 10^6}{c(\tau_1^p - t_2^p)} + \frac{Q_b^p \cdot 10^6}{c(\tau_1^p - t_2^p)} + K_3 \frac{Q_r^p \cdot 10^6}{c(\tau_{1и} - t_4^p)}; \quad (2.1)$$

- при двоступінчатій змішаній схемі

$$G_{цтп} = \frac{Q_o^p \cdot 10^6}{c(\tau_1^p - t_2^p)} + \frac{Q_b^p \cdot 10^6}{c(\tau_1^p - t_2^p)} + K_3 \frac{Q_r^p \left( \frac{55 - t_{п}}{55 - t_x^3} + 0,2 \right) \cdot 10^6}{c(\tau_{1и} - t_{2и})}; \quad (2.2)$$

де  $Q_o^p, Q_b^p, Q_r^p$  - розрахункові значення теплових потоків для кожного ЦТП відповідно на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання, МВт (вказуються в завданні).

За розрахунковий тепловий потік  $Q_r^p$  гарячого водопостачання приймається:

$$Q_r^p = Q_r^c, \quad (2.4)$$

де  $Q_r^c$  - середній тепловий потік для розрахункової доби гарячого водопостачання, МВт

$t_1^p$  - розрахункова температура мережної води в трубопроводі, що подає, може бути прийнята рівною 130 °С;

$t_2^p$  - розрахункова температура зворотної води після систем опалення, може прийматися рівною 70 °С;

$t_{1и}$  - температура води в теплопроводі, що подає, у точці зламу температурного графіка, приймається рівною 70 °С;

$t_4$  - температура мережної води після паралельно включеного підігрівача гарячого водопостачання в точці зламу температурного графіка, приймається рівною 30 °С ;

$t_{2и}$  - температура зворотної води після системи опалення в точці зламу температурного графіка, приймається рівною 42,4 °С;

$t_x^3$  - середня температура водопровідної води за опалювальний період; при відсутності точних даних приймається рівною 5 °С;

$t_{и}$  - температура нагріву води, , після I ступеню підігріву в точці зламу температурного графіка; приблизно може бути прийнята рівної 32,4 °С;

$C$  - питома теплоємність води, дорівнює 4190 Дж/(кг. К).

Після визначення розрахункових витрат води в кожному ЦТП обчислюються їхні величини на кожній ділянці магістралі, і результати заносяться в таблицю 2, графа 2.

## 2.2. Витрати мережної води в неопалювальний період

У неопалювальний період теплові мережі забезпечують роботу тільки установок гарячого водопостачання. Витрати  $G_{г,цтп}^л$  мережної води в кожному ЦТП у цьому випадку при всіх схемах приєднання водонагрівачів визначається по рівнянню

$$G_{г,цтп} = \beta \frac{Q_r^p \cdot 10^6}{c(\tau_{ли} - t_4^p)} \cdot \frac{55 - t_n}{55 - t_x^3}, \quad (2.6)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт зміни теплоспоживання влітку, приймається рівним:

- для житлово-комунального сектора - 0,8;
- для курортних міст - 1,5;

Відповідно до отриманих значень витрат мережної води в кожному ЦТП у неопалювальний період обчислюються їхні величини  $G_i^л$  на кожній ділянці магістралі, і результати заносяться в таблицю 3, графа 2.

## 2.3. Витрати мережної води при аварійному режимі

В умовах аварійного режиму лімітовані витрати теплоносія в кожному ЦТП, що підключений до ушкодженої магістралі, приймаються рівними розрахунковим витратам, помноженим на коефіцієнт  $\mu$ . Тобто  $G_a = \mu \cdot G^p$ . Для мереж з домінуючим опалювально-вентиляційним навантаженням цей коефіцієнт може бути знайдений по Табл. 1

Таблиця 1.

Значення  $\mu$  для лімітованої витрати води для аварійної магістралі.

Діаметр магістралі в точці підключення перемички, мм	Розрахункова температура зовнішнього повітря, $t_{но}$ для проектування систем опалення				
	-10	-20	-30	-40	-50
<b>300</b>	0,27	0,27	0,27	0,27	0,36



Діаметр магістралі в точці підключення перемички, мм	Розрахункова температура зовнішнього повітря, $t_{\text{но}}$ для проектування систем опалення				
	<b>-10</b>	<b>-20</b>	<b>-30</b>	<b>-40</b>	<b>-50</b>
<b>400</b>	0,27	0,27	0,27	0,36	0,46
<b>500</b>	0,27	0,27	0,36	0,46	0,57
<b>600</b>	0,27	0,36	0,46	0,57	0,7
<b>700 і більше</b>	0,36	0,46	0,57	0,70	0,84

Величина витрати води  $G_{\text{пром}}$  через проміжну перемичку для підбору її діаметра приймається рівною розрахунковій витраті для всієї аварійної магістралі з урахуванням коефіцієнта  $\mu$  (табл. 1), що відповідає аварії на головній ділянці магістралі.

Для підбора діаметра кінцевої перемички витрата води  $G_{\text{кінц}}$  приймається рівним розрахунковій витраті на ділянках магістралі, що слідує відразу за місцем підключення проміжної перемички, з урахуванням коефіцієнта  $\mu$ .

Оптимальне положення проміжної перемички можна встановити на  $1/3$  загальної довжини магістралі від джерела теплоти

Знайдені значення витрат води при аварійному режимі заносяться в таблицю 4, графа 2.

Для розрахунку втрат напору в допоміжній (яка питає пошкоджену мережу) магістралі при аварійному режимі заповнюється таблиця 3, до якої включаються лише ті ділянки магістралі, які забезпечують пропуск лімітованої витрати, що надходить із пошкодженої магістралі через перемичку. Діаметри ділянок допоміжної магістралі можна приймати однаковими з відповідними ділянками аварійної магістралі.

### 3. ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ І ЇЇ ЧАСТИН

#### 3.1. Визначення діаметрів ділянок магістралі

Діаметри  $d_i$  ділянок магістралі при відомих розрахункових витратах  $G_i$  на цих ділянках визначаються по формулі:

$$d_i = 0,024 \cdot G^{0,48} \left(1 + 0,019 \sqrt{G_i}\right)^{0,16} \cdot \mathcal{E}, \quad (3.1)$$

де  $\mathcal{E}$  - параметр економічності, приймається рівним  $1,15 \div 1,20$ .

По таблиці 9 стандартних діаметрів трубопроводів підбирається найближчий до  $d_i$  внутрішній діаметр стандартного трубопроводу  $d_b$ , м який заноситься в таблиці 2, 3 і 4

#### 3.2. Визначення діаметрів перемичок

Діаметри  $d_{\text{пп}}$  і  $d_{\text{кп}}$  відповідно проміжної та кінцевої перемичок визначаються по рівнянню (3.1). При цьому витрати теплоносія по перемичках приймаються відповідно до викладеного в- п. 2.3.

#### 3.3. Визначення опору ділянок магістралі

Опір  $S_i$  будь-якої трубопровідної ділянки магістралі визначається по рівнянню

$$S_i = 1,36 \cdot 10^{-5} d_i^{-5,25} \left(1 + 0,019 \sqrt{G_i}\right) \cdot L_m, \quad (3.2)$$

При цьому втрату тиску на ділянці можна визначити по формулі

$$\delta p = S \cdot G^2, \quad (3.3)$$

а втрату напору на ділянці - по формулі

$$\delta h = \delta p / 9560 \quad (3.4)$$

Результати розрахунків опору згідно (3.2), втрати тиску згідно (3.3) і втрати напору згідно (3.4) для розрахункового, неопалювального і аварійного режимів заносяться в таблиці 2, 3, і 4 в графи 5, 6 і 7 відповідно, а в графу 8 заноситься накопичувальна сума втрат напору.

Таблиця 2

Розрахунок втрат напору і опору ділянок магістралі

№№ ділянок	Розрахунковий режим						
	G <sub>i</sub> , кг/с	L <sub>i</sub> , м	d <sub>i</sub> , м	S <sub>i</sub> , Па с <sup>2</sup> /кг	δP <sub>i</sub> , Па	Δh <sub>i</sub> , м	ΣΔh <sub>i</sub> , м
1	2	3	4	5	6	7	8
Подавальні трубопроводи							
ДТ-УТ1							
УТ1-УТ2							
УТ2-УТ3							
.....							
УТ <sub>кінц</sub> – ЦТП №							
Зворотні трубопроводи							
ЦТП№ - УТ <sub>кінц</sub>							
.....							
УТ3 – УТ2							
УТ2 – УТ1							
УТ1 – ДТ							
Проміжна пере- ремичка							
Кінцева пере- мичка							

## Розрахунок втрат напору і опору ділянок магістралі

№№ ділянок	Неопалювальний режим						
	$G_i$ , кг/с	$L_i$ , м	$d_i$ , м	$S_i$ , Па с <sup>2</sup> /кг	$\delta P_i$ , Па	$\Delta h_i$ , м	$\Sigma \Delta h_i$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8
Подавальні трубопроводи							
ДТ-УТ1							
УТ1-УТ2							
УТ2-УТ3							
.....							
УТ <sub>кінц</sub> – ЦТП №							
Зворотні трубопроводи							
ЦТП№ - УТ <sub>кінц</sub>							
.....							
УТ3 – УТ2							
УТ2 – УТ1							
УТ1 – ДТ							

Таблиця 4

Розрахунок втрат напору і опору ділянок магістралі

№№ ділянок	Аварійний режим						
	$G_i$ , кг/с	$L_i$ , м	$d_i$ , м	$S_i$ , Па с <sup>2</sup> /кг	$\delta P_i$ , Па	$\Delta h_i$ , м	$\Sigma \Delta h_i$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8
Подавальні трубопроводи							
ДТ-УТ1							
УТ1-УТ2							
УТ2-УТ3							
.....							
УТ <sub>кінц</sub> – ЦТП №							
Зворотні трубопроводи							
ЦТП№ - УТ <sub>кінц</sub>							
.....							
УТ3 – УТ2							
УТ2 – УТ1							
УТ1 – ДТ							

Таблиця 5

Розрахунок втрат напору на ділянках допоміжної магістралі

№№ ділянок	$G_i^{авар}$ , кг/с	$d_i$ , м	$S_i$ , Па с <sup>2</sup> /кг	$\delta P_i$ , Па	$\Delta h_i$ , м	$\Sigma \Delta h_i$ , м
1	2	3	4	5	6	7

## **4. ПОБУДОВА П'ЄЗОМЕТРИЧНИХ ГРАФІКІВ**

### **4.1. П'єзометричний графік для розрахункового режиму**

Для розрахункового режиму п'єзометричні графіки будуються на підставі даних таблиці 2. Для спрощення побудови допускається приймати положення нейтральної точки N (рис. 7, 8 і 9) п'єзометричного графіка, (перетинання ліній динамічного і статичного напорів) на збірному колекторі (поблизу усмоктувальної частини мережної насосної установки). Втрата напору в джерелі теплоти (ДТ) приймається рівним  $20 \div 25$  м.

На графіки наносяться лінії максимальних і мінімальних напорів.

На рис. 7, 8 і 9 їхнє положення показане тонкими лініями.

### **4.2. П'єзометричний графік для неопалювального режиму**

Для неопалювального режиму п'єзометричний графік будується на підставі величин, наведених у таблиці 3. При цьому положення лінії статичного напору можна прийняти на  $10 \div 15$  м вище найвищої точки рельєфу місцевості, а втрату напору в підігрівниках кінцевого ЦТП прийняти рівної  $4 \div 6$  м. П'єзометричний графік для неопалювального режиму показан на рис.7 штриховими із двома крапками лініями.

### **4.3. П'єзометричний графік для аварійного режиму**

Побудова п'єзометричних графіків для аварійного режиму виконується в наступній послідовності:

- будується п'єзометричний графік для розрахункового режиму;
- на п'єзометричний графік для розрахункових умов відповідно до даних таблиць 4 (зона аварійного режиму) і 5 наносяться лінії напору для до-

поміжної (на рис.8 і 9 штрихпунктирні лінії), і аварійної магістралей (на Рис.8 і 9 суцільні жирні лінії). при цьому положення нейтральної точки не змінюють;

Зразкові графіки для випадку аварії на зворотному і подавальному трубопроводах головної ділянки магістралі наведені на рис. 8 і 9.

## **5. РОЗРОБКА МОНТАЖНОЇ СХЕМИ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ ТА ТЕПЛОФІКАЦІЙНОЇ КАМЕРИ**

### **5.1. Розробка монтажної схеми ділянки яка розраховується**

У курсовій роботі монтажна схема теплопроводів розробляється для ділянок теплової мережі зазначених у завданні. На монтажній схемі зображуються в умовних позначках трубопроводи, запірно-регулююча арматура, компенсатори температурних подовжень, переходи діаметрів труб, нерухомі опори та відстані між ними. Монтажна схема будується без масштабу. Для розроблювальних ділянок теплової мережі необхідно розрахувати кількість нерухомих опор, відстань між ними і визначити кількість і місце розташування компенсаторів. Для трубопроводів з умовним діаметром  $d_v$  100 мм і більше застосовуються сальникові компенсатори, а для трубопроводів меншого діаметра - П-образні компенсатори. Кількість необхідних компенсаторів визначається по граничній довжині ділянки трубопроводу  $L_k$ , або, що теж саме - граничною відстанню між нерухомими опорами, що обмежують довжину ділянки між опорами за умовами міцності трубопроводу, приймається згідно табл.б.

Для розрахункової ділянки трубопроводу число прийнятих до установки компенсаторів визначається по формулі:

$$n \geq \frac{L_i}{L_k} \quad (5.1)$$

Приклад монтажної схеми для ділянки теплотраси представлений на Рис.10

## **5.2. Розробка теплофікаційної камери**

Теплофікаційна камера, що підлягає розробці вибирається згідно вказівки керівника.

Внутрішні габарити теплофікаційних камер визначаються мінімально припустимими відстанями у світлі між елементами устаткування трубопроводів і будівельних конструкцій за умовами техніки безпеки та зручності виконання монтажних і ремонтних робіт. Висота камери у світлі приймається 2300 мм. Стандартні розміри камер у плані та мінімальні відстані у світлі між устаткуванням, установленим на трубопроводах і будівельними конструкціями наведені в таблиці 7 і на малюнку 11. Монтажні довжини сальникових компенсаторів (Lм) наведені в таблиці 8.

На плані і розрізі теплофікаційної камери, яка зображується в масштабі 1:50 або 1:20, указують контури будівельних конструкцій, їхні габаритні розміри і висотні позначки, трубопроводи, компенсатори і арматуру. Устаткування і арматуру показують умовними позначками, тепловою ізоляцію можна не показувати. Приклади графічного зображення теплофікаційних камер представлені на рис. 12 і 13.

## **7. Оформлення роботи**

Розрахунково-пояснювальна записка обсягом 25 ÷ 35 сторінок, оформлюється відповідно до вимог курсових робіт.

Графічну частину рекомендуємо виконувати відповідно до рис 2.



## ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Вихідні дані: кількість ЦТП – 5,  $Q_o^p = 2,2$  мВт,  $Q_b^p = 0,18$  мВт,  $Q_r^p = 0,42$  мВт,  $L_m = 400$  м,  $L_p = 1000$  м. Проміжна перемичка розташована між УТ2 і УТ2'. Аварія на подавальному трубопроводі головної ділянки.

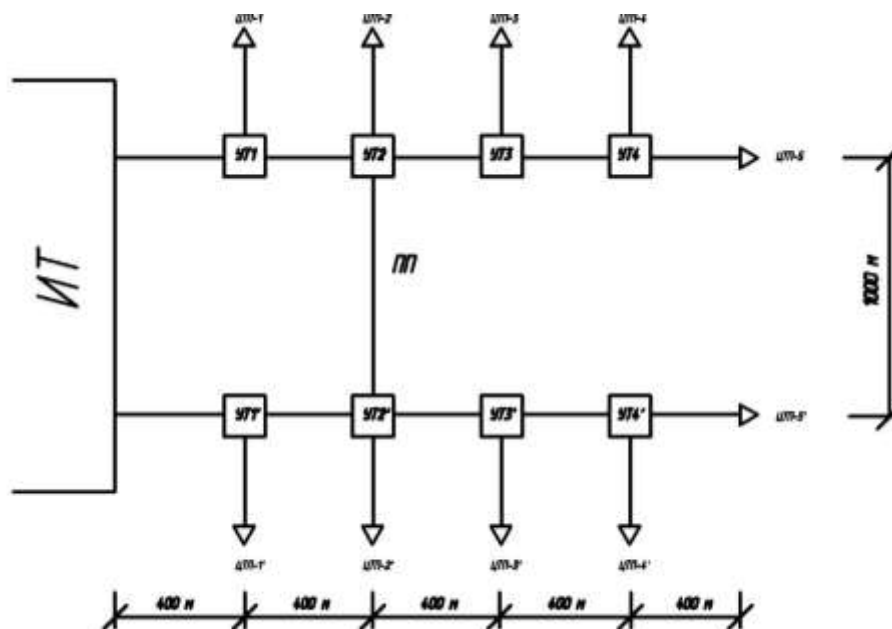


Рис. 1 Розрахункова схема

Приймаємо двоступінчасту змішану схему підключення гарячого водопостачання до системи опалення, тоді згідно формули (2.2) для одного ЦТП одержимо:

$$G_{\text{ЦТП}} = \frac{2,2 \cdot 10^6}{4190(150 - 70)} + \frac{1,8 \cdot 10^6}{4190 \cdot (150 - 70)} + \frac{0,42 \cdot \left(\frac{55 - 32,4}{55 - 5}\right) \cdot 10^6}{4190 \cdot (70 - 42,4)} = 14,3 \text{ кг/с}$$

Визначаємо витрати теплоносія на ділянках теплотраси:

ЦТП5 - УТ4 - 14,3 кг/с, УТ4-УТ3 - 28,6 кг/с, УТ3-УТ2 - 42,9 кг/с, УТ2-УТ1 - 57,2 кг/с, УТ1-ДТ - 71,5 кг/с.

Згідно формули (3.1) визначаємо розрахунковий діаметр на ділянці ЦТП5 - УТ4:

$$d_i = 0,024 \cdot 14,3^{0,48} \cdot (1 + 0,019 \cdot \sqrt{14,3})^{0,16} \cdot 1,16 = 0,101 \text{ м.}$$

Згідно отриманого розрахункового діаметра приймаємо найближчий внутрішній діаметр стандартного трубопроводу  $d_b = 0,125$  м.

Опір цієї ділянки трубопроводу визначаємо згідно формули (3.2)

$$S_i = 1,36 \cdot 10^{-5} \cdot 0,125^{-5,25} \cdot (1 + 0,019 \cdot \sqrt{14,3}) \cdot 400 = 321,33 \text{ Па} \cdot \text{с}^2/\text{кг}$$

Втрата тиску і напору на ділянці визначаються по формулах (3.3) і (3.4):

$$\delta p = 321,33 \cdot 14,3^2 = 65709 \text{ Па}$$

$$\delta h = \frac{65709}{9560} = 6,9 \text{ м.}$$

Інші ділянки теплотраси розраховувалися аналогічно.

Діаметр проміжної перемички визначається по (3.1), при витраті на головній ділянці з урахуванням понижувального коефіцієнта  $\mu = 0,27$ .

$$d_{np} = 0,024 \cdot 19,31^{0,48} \cdot (1 + 0,019 \cdot \sqrt{19,31})^{0,16} \cdot 1,16 = 0,117 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартний трубопровід із внутрішнім діаметром  $d_b = 0,125$  м.

Згідно формули (3.2) отримуємо:

$$S_i = 1,36 \cdot 10^{-5} \cdot 0,125^{-5,25} \cdot (1 + 0,019 \cdot \sqrt{19,31}) \cdot 1000 = 311,8 \text{ Па} \cdot \text{с}^2/\text{кг}$$

Втрата тиску – формула (3.3)

$$\delta p = 311,8 \cdot 19,31^2 = 116204 \text{ Па}$$

Втрата напору формула (3.4)

$$\delta h = \frac{116204}{9560} = 12,2 \text{ м.}$$

Результати цих розрахунків занесені до таблиці 6

Таблиця 6

Розрахунок втрат напору і опору ділянок магістралі

№№ ділянок	Розрахунковий режим							
	$G_i$ , кг/с	$L_i$ , м	$d_p$ , м	$d_i$ , м	$S_i$ , Па с <sup>2</sup> /кг	$\delta P_i$ , Па	$\Delta h_i$ , м	$\Sigma \Delta h_i$ , м
Подавальні трубопроводи								
УТ1-ДТ	71,50	400	0,221	0,259	7,594	38823	4,1	4,1
УТ2-УТ1	57,20	400	0,198	0,207	24,270	79407	8,3	12,4
УТ3-УТ2	42,90	400	0,172	0,184	44,284	81500	8,5	20,9

№№ ділянок	Розрахунковий режим							
	G <sub>i</sub> , кг/с	L <sub>i</sub> , м	d <sub>p</sub> , м	d <sub>i</sub> , м	S <sub>i</sub> , Па с <sup>2</sup> /кг	δP <sub>i</sub> , Па	Δh <sub>i</sub> , м	ΣΔh <sub>i</sub> , м
УТ4-УТ3	28,60	400	0,141	0,150	126,808	103724	10,8	31,7
ЦТП-УТ4	14,30	400	0,101	0,125	321,333	65709	6,9	38,6
Зворотні трубопроводи								
ЦТП-УТ4	14,30	400	0,101	0,125	321,333	65709	6,9	6,9
УТ4-УТ3	28,60	400	0,141	0,150	126,808	103724	10,8	17,7
УТ3-УТ2	42,90	400	0,172	0,184	44,284	81500	8,5	26,2
УТ2-УТ1	57,20	400	0,198	0,207	24,270	79407	8,3	34,5
УТ1-ДТ	71,50	400	0,221	0,259	7,594	38823	4,1	38,6
Пром. перемичка	19,31	1000	0,117	0,150	311,804	116204	12,2	

### Гідравлічний розрахунок для неопалювального періоду.

Згідно формули (2.6) визначаємо витрати мережної води для одного ЦТП

$$G_{г,цтп} = 0,8 \cdot \frac{0,42 \cdot 10^6}{4190 \cdot (70 - 30)} \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} = 1,6 \text{ кг/с}$$

Визначаємо витрати теплоносія на ділянках теплотраси:

ЦТП5 - УТ4 – 1,6 кг/с, УТ4-УТ3 – 3,2 кг/с, УТ3-УТ2 – 4,8 кг/с,

УТ2-УТ1 – 6,4 кг/с, УТ1-ИТ – 8,0 кг/с.

Діаметри на ділянках залишаються тими як були.

Опір на ділянці ЦТП5 - УТ4 розраховується згідно формули (3.2)

$$S_i = 1,36 \cdot 10^{-5} \cdot 0,125^{-5,25} \cdot (1 + 0,019 \cdot \sqrt{1,6}) \cdot 400 = 307,0 \text{ Па} \cdot \text{с}^2/\text{кг}$$

Втрата тиску на ділянці – формула (3.3)

$$\delta p = 307,0 \cdot 1,6^2 = 786 \text{ Па}$$

Втрата напору на ділянці формула (3.4)

$$\delta h = \frac{786}{9560} = 0,08 \text{ м.}$$

Інші ділянки теплотраси розраховувалися аналогічно.

Результати цих розрахунків зведені до таблиці 7

Розрахунок втрат напору і опору ділянок магістралі  
для неопалювального режиму

№№ ділянок	Неопалювальний режим						
	G <sub>i</sub> , кг/с	L <sub>i</sub> , м	d <sub>i</sub> , м	S <sub>i</sub> , Па с <sup>2</sup> /кг	δP <sub>i</sub> , Па	Δh <sub>i</sub> , м	ΣΔh <sub>i</sub> , м
Подавальні трубопроводи							
УТ1-ДТ	8,00	400	0,259	6,89	441	0,05	0,05
УТ2-УТ1	6,40	400	0,207	22,24	911	0,10	0,15
УТ3-УТ2	4,80	400	0,184	41,02	945	0,10	0,25
УТ4-УТ3	3,20	400	0,150	119,02	1219	0,13	0,38
ЦТП-УТ4	1,60	400	0,125	307,00	786	0,08	0,46
Зворотні трубопроводи							
ЦТП-УТ4	1,60	400	0,125	307,00	786	0,08	0,08
УТ4-УТ3	3,20	400	0,150	119,02	1219	0,13	0,21
УТ3-УТ2	4,80	400	0,184	41,02	945	0,10	0,31
УТ2-УТ1	6,40	400	0,207	22,24	911	0,10	0,41
УТ1-ДТ	8,00	400	0,259	6,89	441	0,05	0,46

**Гідравлічний розрахунок для аварійного режиму**

Витрати теплоносія на ділянках при аварійному режимі визначається згідно формули (3.3):

ділянка - ЦТП5 - УТ4

$$G_a = 0,27 \cdot 14,3 = 3,86 \text{ кг/с}$$

Значення понижуючого коефіцієнта  $\mu$  визначалося по таблиці 1,  $\mu = 0,27$ .

Опір на ділянці розраховується згідно формули (3.2)

$$S_i = 1,36 \cdot 10^{-5} \cdot 0,125^{-5,25} \cdot (1 + 0,019 \cdot \sqrt{3,86}) \cdot 400 = 310,98 \text{ Па} \cdot \text{с}^2/\text{кг}$$

Втрата тиску на ділянці – формула (3.3)

$$\delta p = 310,98 \cdot 3,86^2 = 4634 \text{ Па}$$

Втрата напору на ділянці формула (3.4)

$$\delta h = \frac{4634}{9560} = 0,48 \text{ м.}$$

Інші ділянки теплотраси розраховувалися аналогічно

Результати цих розрахунків зводяться в таблицю 8.

Таблиця 8

Розрахунок втрат напору і опору ділянок магістралі  
при аварійному режимі

№№ ділянок	Аварійний режим						
	$G_i$ , кг/с	$L_i$ , м	$d_i$ , м	$S_i$ , Па с <sup>2</sup> /кг	$\delta P_i$ , Па	$\Delta h_i$ , м	$\Sigma \Delta h_i$ , м
Подавальні трубопроводи							
УТ1-ДТ	19,31	400	0,259	7,09	2643	0,28	0,28
УТ2-УТ1	15,44	400	0,207	22,80	5437	0,57	0,85
УТ3-УТ2	11,58	400	0,184	41,93	5623	0,59	1,44
УТ4-УТ3	7,72	400	0,150	121,19	7223	0,76	2,20
ЦТП-УТ4	3,86	400	0,125	310,98	4634	0,48	2,68
Зворотні трубопроводи							
ЦТП-УТ4	3,86	400	0,125	310,98	4634	0,48	0,48
УТ4-УТ3	7,72	400	0,150	121,19	7223	0,76	1,24
УТ3-УТ2	11,58	400	0,184	41,93	5623	0,59	1,83
УТ2-УТ1	15,44	400	0,207	22,80	5436	0,57	2,40
УТ1-ДТ	19,31	400	0,259	7,09	2643	0,28	2,68

**Розрахунок втрат напору на ділянках допоміжної магістралі**

У нашому випадку на ділянках від джерела теплоти (ДТ) до УТ2' допоміжної магістралі проходить підвищена витрата мережної води яка дорівнює

$$G_p + G_a.$$

В нашому випадку  $G_a$  дорівнює витраті через проміжну перемичку, тобто на ділянці ДТ-УТ1  $G_a = 71,50 + 19,31 = 90,81$  кг/с, а на ділянці УТ1-УТ2  $G_a = 57,20 + 19,31 = 76,51$  кг/с, отже втрати напору на цих ділянках, при тих же діаметрах трубопроводів зросте. Розрахунок опору  $S$ , втрат тиску  $\delta P$  і втрат напору  $\delta h$  проводяться аналогічно викладеному вище і його результати зводяться в таблицю 5.

## Розрахунок втрат напору в ділянках "патронажної" магістралі

№№ ділянок	$G_i^{\text{авар}}$ , кг/с	$d_i$ , м	$S_i$ , Па с <sup>2</sup> /кг	$\delta P_i$ , Па	$\Delta h_i$ , м	$\Sigma \Delta h_i$ , м
ДТ-УТ1	90,81	0,259	7,728	63718	6,7	6,7
УТ1-УТ2	76,51	0,207	24,747	144845	15,2	21,9

На підставі цих розрахунків будуються п'єзометричні графіки для розрахункового, літнього і аварійного режимів теплової мережі.

## ДОДАТКИ

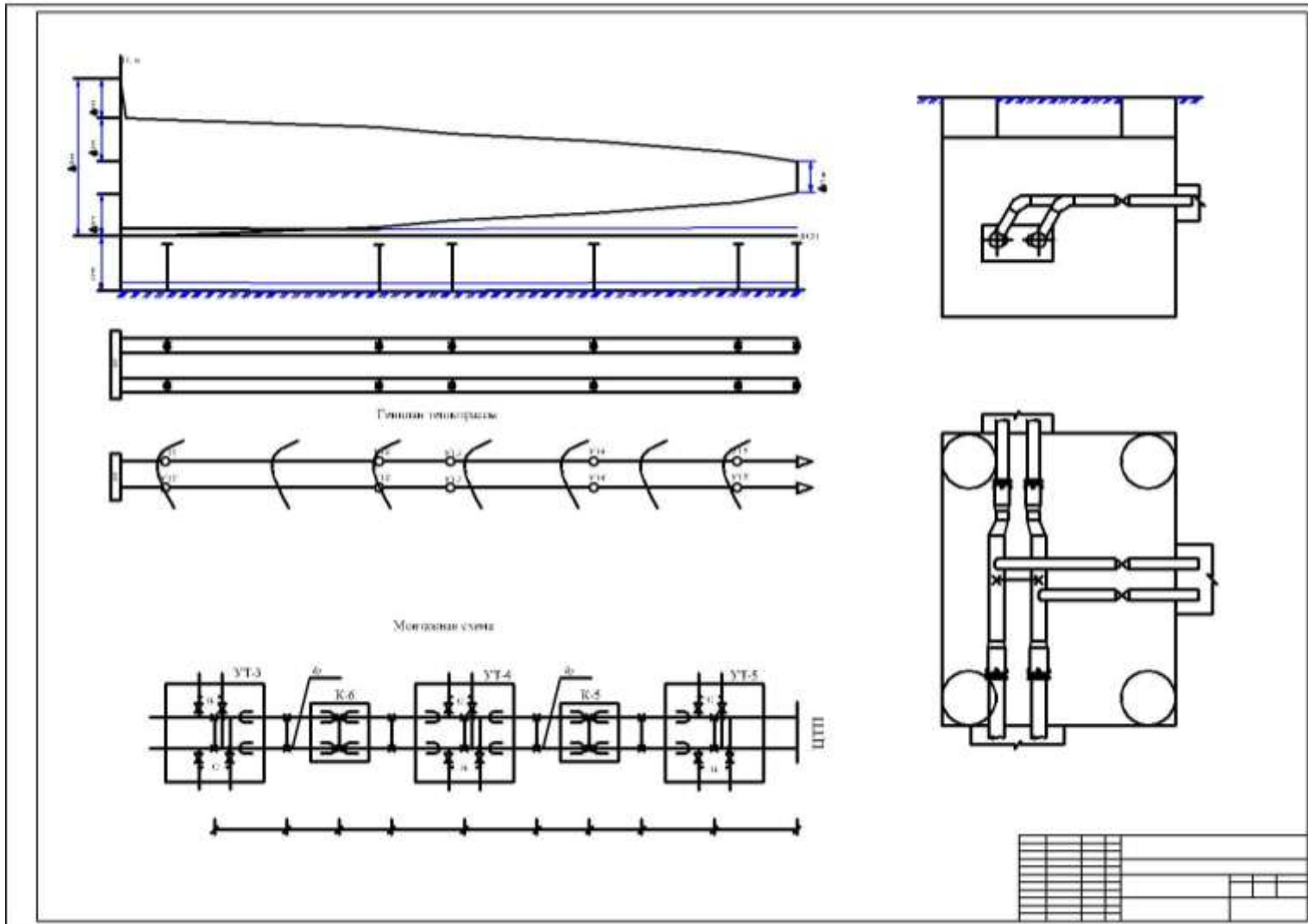


Рис.2 Рекомендоване розташування фрагментів

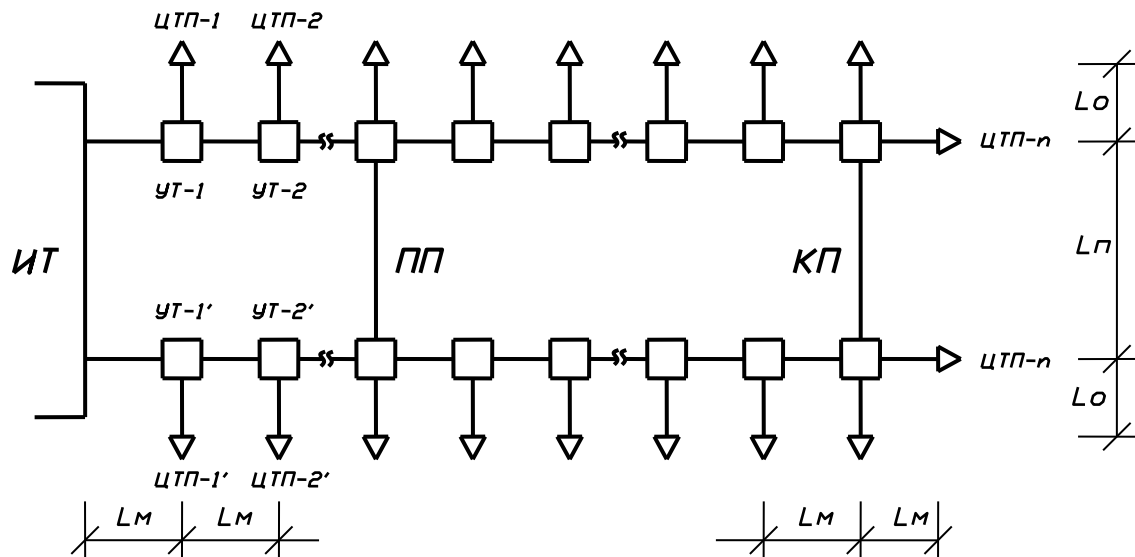
**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА  
І АРХІТЕКТУРИ**

**Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**

**ЗАВДАННЯ**

на виконання курсової роботи

Студент гр. \_\_\_\_\_



**ВИХІДНІ ДАНІ**

- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. Місто                      | 5. Ухил місцевості $i =$        |
| 2. Кількість ЦТП, шт. $n =$   | с зниженням до УТ-              |
| 3. Тепловий потік ЦТП, мВт    | 6. Наявність баків-акумуляторів |
| $Q_o^p =$ $Q_b^p =$ $Q_r^c =$ |                                 |
| 4. Довжини ділянок, м         | 7. Розроблювальна ділянка       |
| $L_m =$ $L_o =$ $L_n =$       | 8. Місце аварії                 |





Завдання видав \_\_\_\_\_

Прийняв до виконання \_\_\_\_\_



Таблиця 6.

Гранична відстань між нерухомими опорами  $L_k$ , м.

$d_y$ , мм	Канальна і повітряна прокладка		Безканальна прокладка	
	компенсатори			
				
50	-	60	-	50
70	-	70	-	55
80	-	80	-	65
100	70	80	25	65
125	70	90	30	-
150	80	100	35	-
175	80	100	40	-
200	80	120	50	-
250	100	120	60	-
300	100	120	70	-
350	120	140	70	-
400	140	160	70	-
450	140	160	70	-
500	140	180	80	-
600	160	200	80	-
700	160	200	80	-
800	160	200	100	-
900	160	200	100	-
1000	160	200	120	-

Таблиця 7.

Тип і внутрішні розміри теплофікаційних камер

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
A	1800	1800	1800	3000	3000	4200	4800	4200	4800	5400
Б	1500	2250	3000	3000	3750	3000	3000	3750	3750	3750

Таблиця 8.

Монтажна довжина сальникових компенсаторів

dy, мм.	здатність, що компенсує, $\Delta$ , м.	монтажна довжина, Lм, м.
100	0,250	780
125		
150		820
175		
200	0,200	890
250		
300		900
350		
400		
450	0,300	1100
500		
600		1125
700		
800		
		1140
		1150

Таблиця 9.

Стандартні діаметри труб, застосовуваних для будівництва теплових мереж

$d_y$ , м	$d_H \times \delta$ , м	$d_B$ , м	$d_y$ , м	$d_H \times \delta$ , м	$d_B$ , м
50	57x3,0	0,051	400	426x9,0	0,408
70	76x3,0	0,070	450	480x7,0	0,466
80	89x3,5	0,082	500	530x8,0	0,514
100	108x4,0	0,100	600	630x9,0	0,612
125	133x4,0	0,125	700	720x10,0	0,700
150	159x4,5	0,150	800	820x10,0	0,800
175	194x5,0	0,184	900	920x10,0	0,898
200	219x6,0	0,207	1000	1020x12,0	0,996
250	273x7,0	0,259	1100	1120x12,0	1,096
300	325x8,0	0,309	1200	1220x14,0	1,192
350	377x9,0	0,359	1400	1420x14,0	1,392

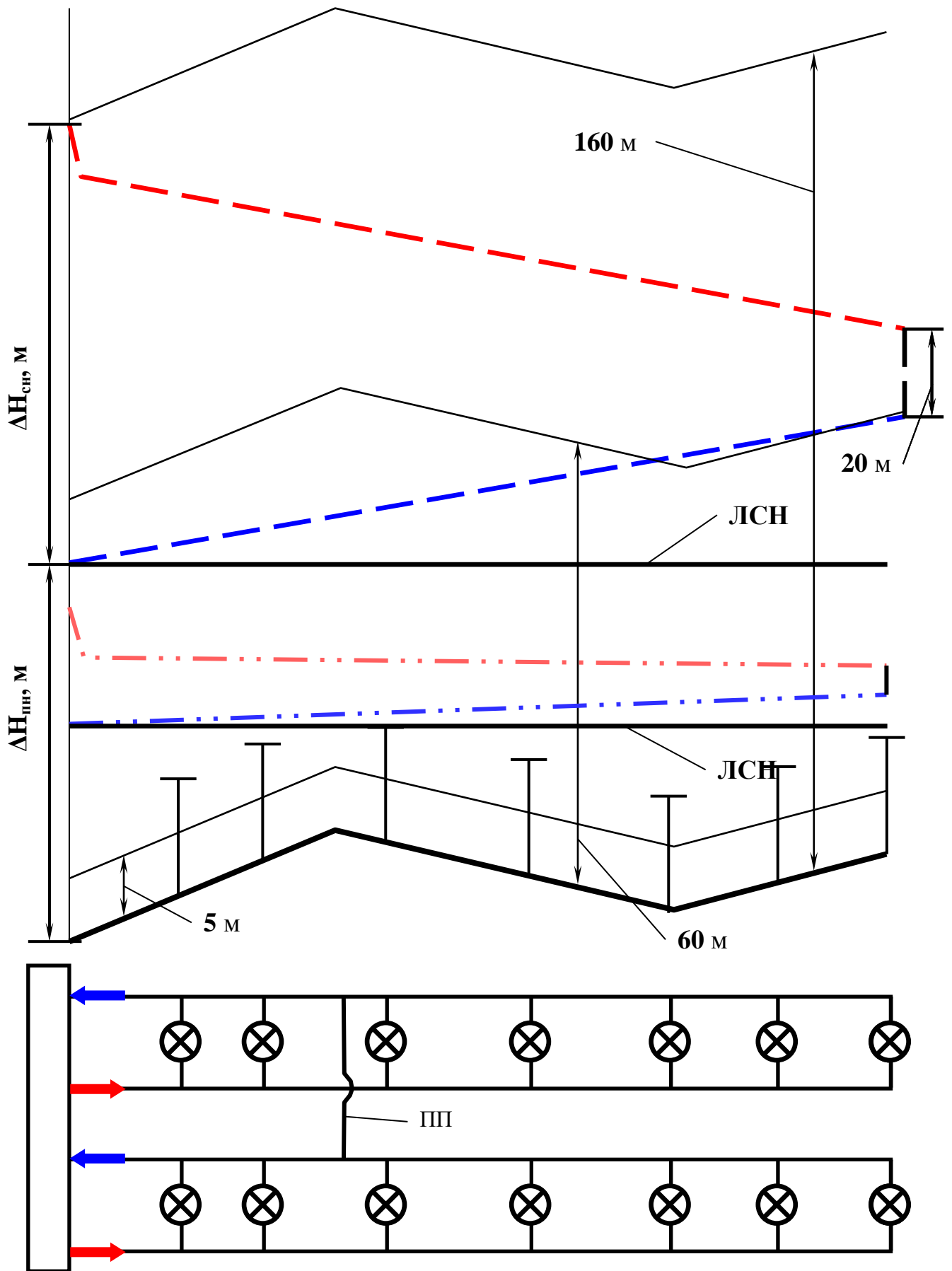


Рис. 7 П'єзометричний графік розрахункового режиму

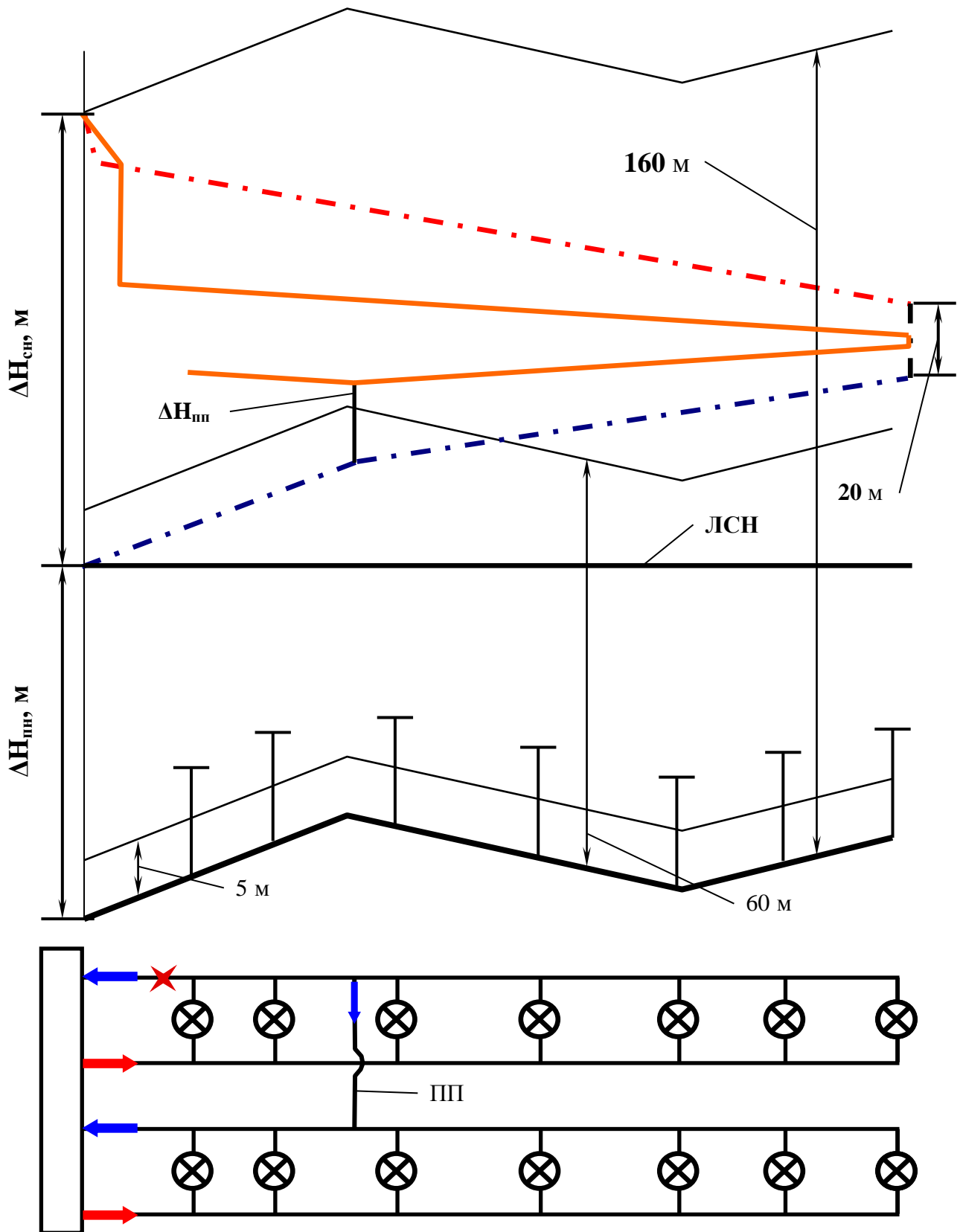


Рис. 8 П'езометричний графік при аварії на зворотній магістралі.

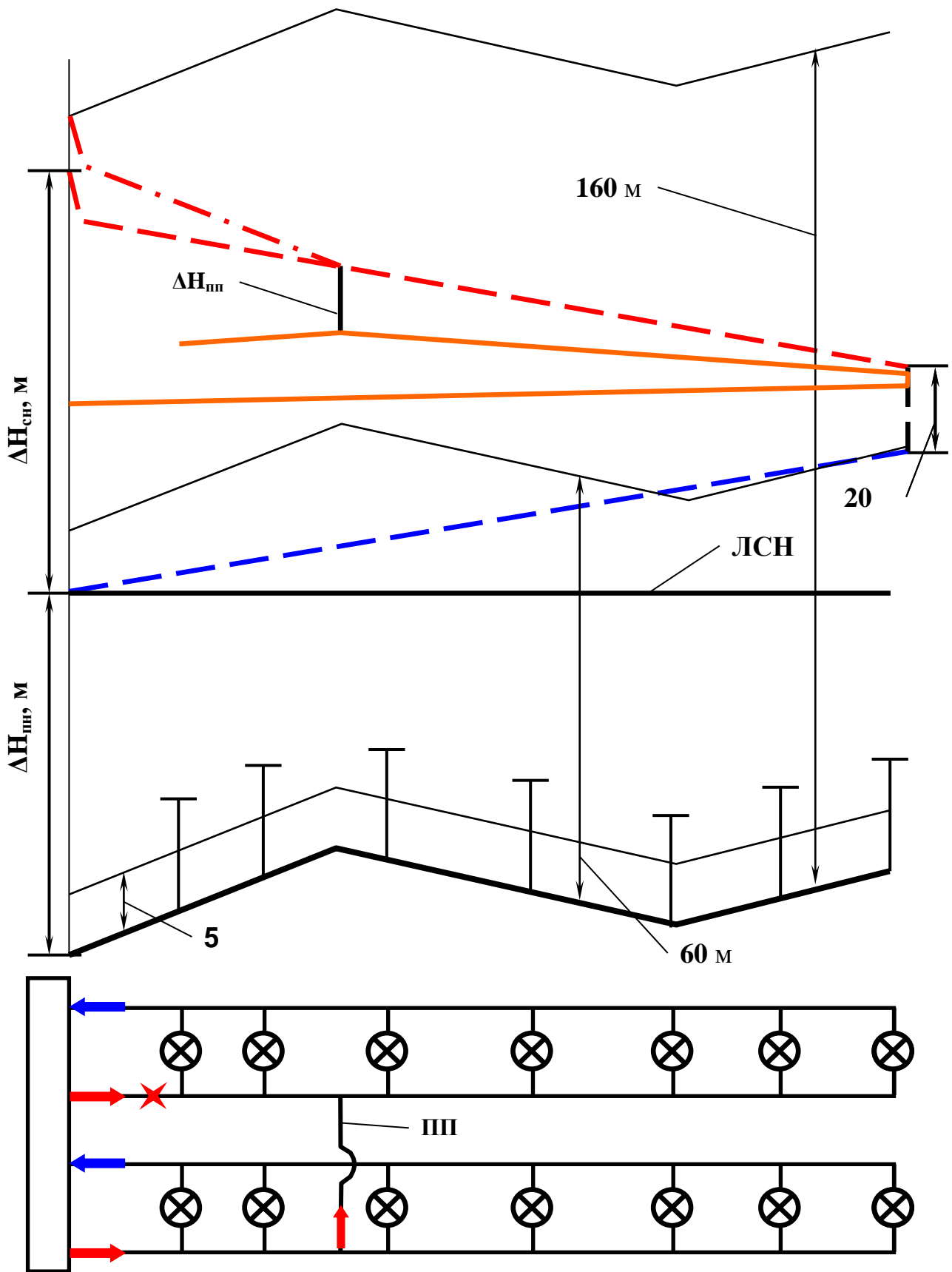


Рис. 9 П'єзометричний графік при аварії на подавальній магістралі

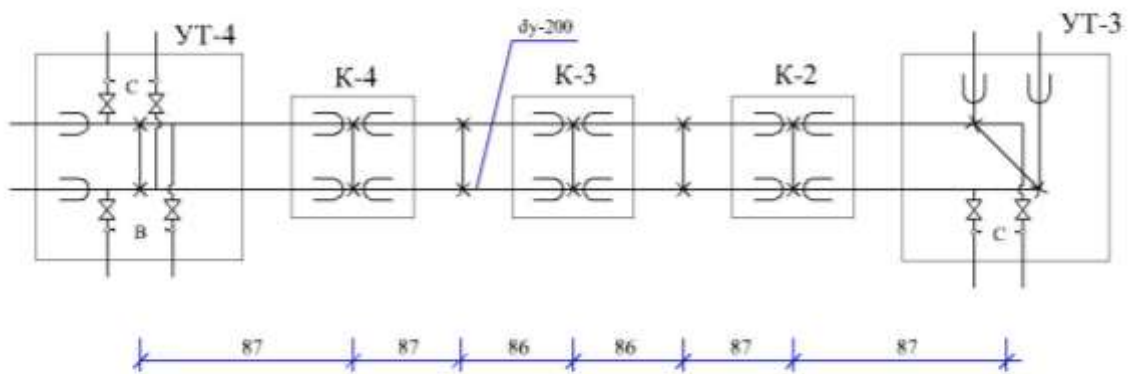


Рис. 10 Фрагмент монтажної схеми ділянки теплової мережі

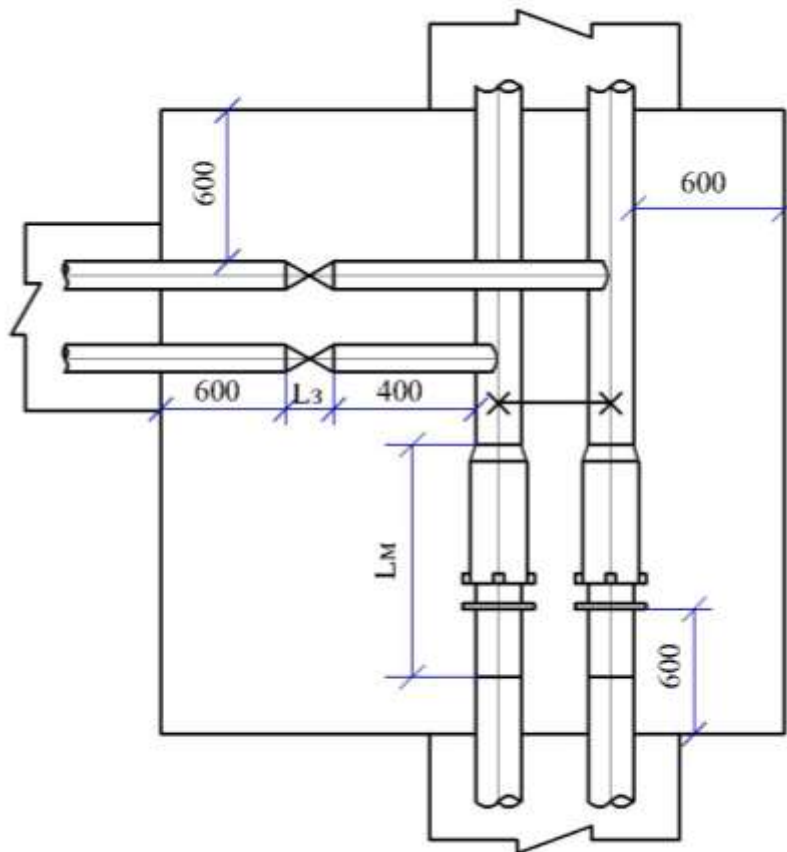


Рис. 11 Мінімальні відстані між устаткуванням і будівельними конструкціями теплофікаційної камери.

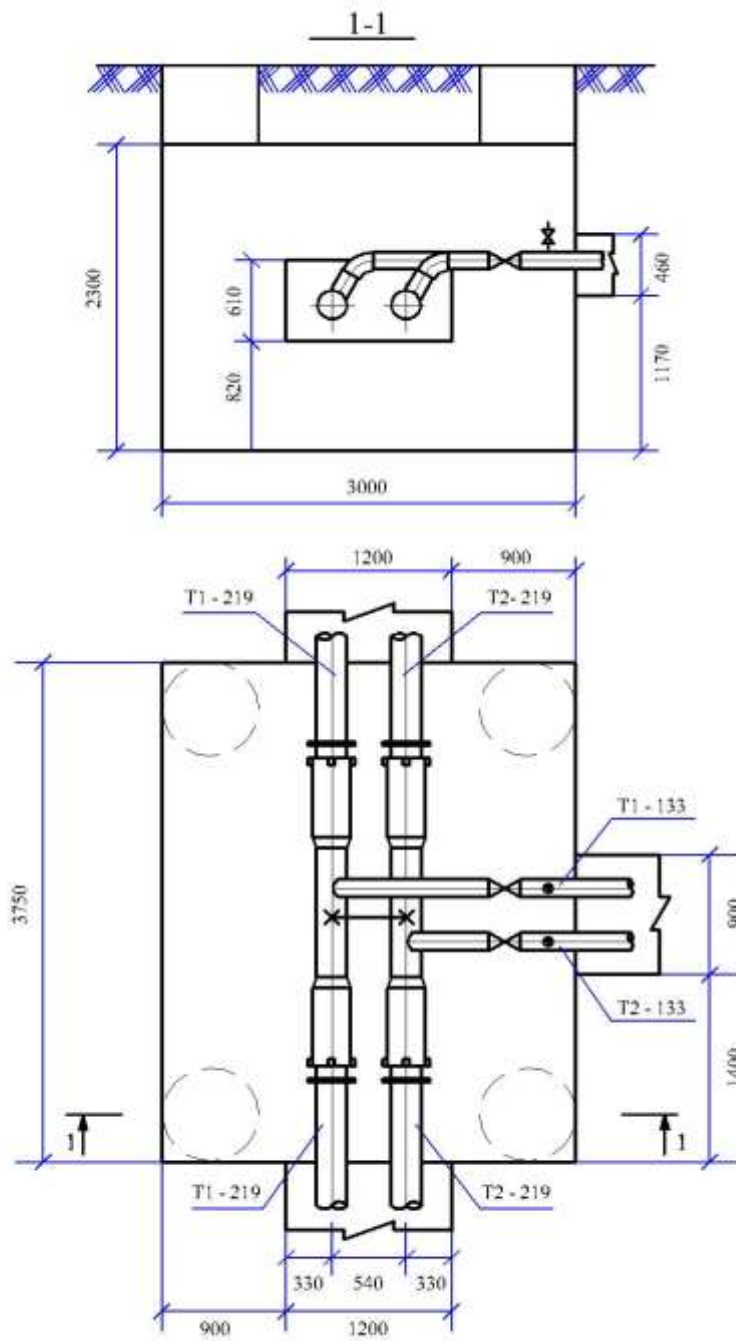


Рис. 12 План і розріз теплофікаційної камери (приклад).



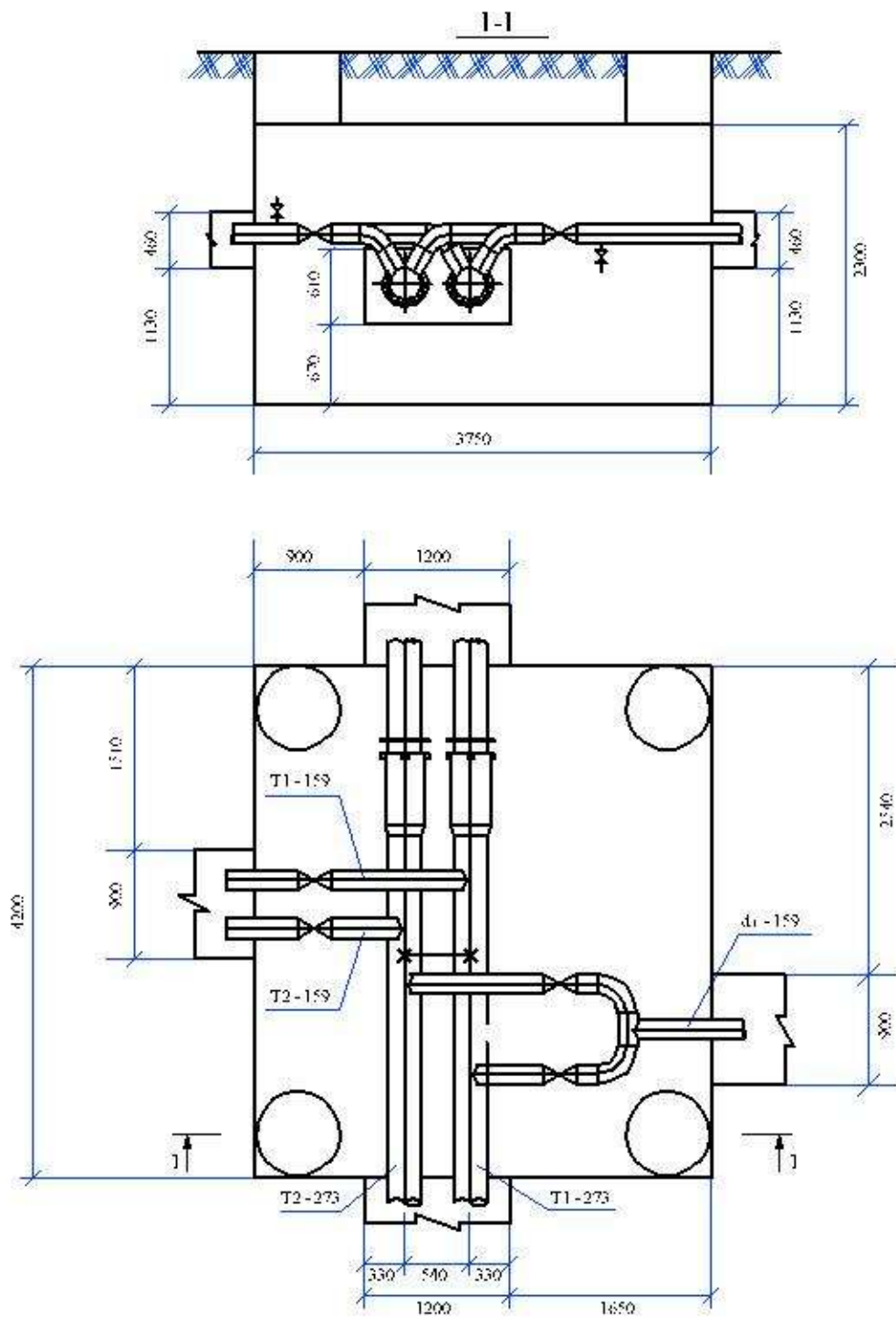


Рис. 13 План і розріз теплофікаційної камери з перемичкою (приклад).

## Література

1. ДБН В.2.5-39 Теплові мережі:2008.,- Київ, Мінрегіонбуд Україна, 2009.
2. ДБН В.2.5-39 Теплові мережі:2008. Зміна №1. Київ Мінрегіонбуд України 2018
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.
4. ДСТУ Б В.2.5-33:2007 Поквартирне теплопостачання житлових будинків з теплогенераторами на газовому паливі із закритою камерою згоряння з колективними димоходами і димохідними системами
5. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети – М.: Издательский дом МЭИ, 2009.- 472 с.
6. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – К.:ІІ ДП "Такі справи", 2007.- 252 с
7. Полунин М.М "Гидравлические режимы водяных тепловых сетей" – К.: УМК ВО 1992, - 81 с.