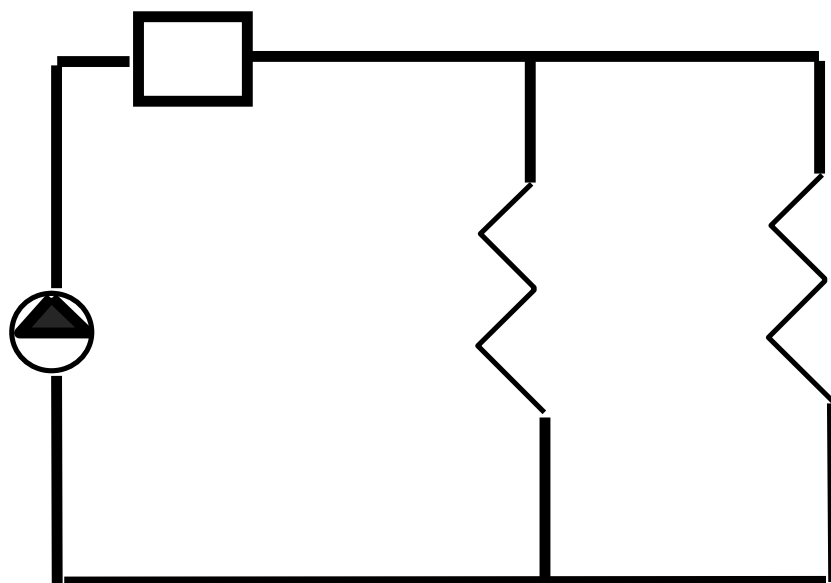


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА**

**КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ**

**Методичні вказівки**  
**до виконання курсового проекту на тему**  
**“Теплопостачання житлового району міста”**  
**для студентів спеціальності**  
**6.092100 “Теплогазопостачання і вентиляція”**  
**денної та заочної форм навчання**



**Полтава 2005**

Методичні вказівки до виконання курсового проекту на тему “Теплопостачання житлового району міста” для студентів спеціальності 6.092100 “Теплогазопостачання і вентиляція” денної та заочної форм навчання.- Полтава: ПолтНТУ, 2005.– 34 с.

Укладачі: А.Ф. Строй, доктор техн. наук, професор;  
Е.О. Личковаха, асистент

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри теплогазопостачання та вентиляції А.Ф. Строй, доктор техн. наук, професор

Рецензент: Б.А. Кутний, канд. техн. наук, доцент

Затверджено радою університету  
Протокол № від 2005 р.

Редактор  
Коректор

Я.В. Новічкова  
Н.О. Янкевич

39.28.18.01

## ВСТУП

Програмою курсу “Теплові мережі та обладнання теплових мереж” передбачено виконання курсового проекту “Теплопостачання житлового району міста”.

Об’єктом для розроблення курсового проекту є житловий район міста, який складається з декількох мікрорайонів. Необхідно запроєктувати систему теплопостачання для всього житлового району міста, включаючи мікрорайон із відомою забудовою, тобто запроєктувати магістральні та внутріквартальні теплові мережі.

Проект складається з двох аркушів креслень формату А1 і розрахунково-пояснювальної записки на 30-40 сторінок.

Прийняті проектні рішення студент повинен захистити.

## 1 ВИХІДНІ ДАНІ

Вихідні дані студент приймає на основі виданого завдання. Вони містять:

- географічне розташування міста (кліматичний район будівництва);
- генплан житлового району міста з рельєфом місцевості (додаток А);
- варіант забудови мікрорайону (додаток Б);
- кількість поверхів забудови мікрорайонів міста;
- місце розташування джерела теплоти (додаток В);
- розрахункові температури води в тепловій мережі.

Керівник проекту може також задати додаткові дані.

### 1.1 Характеристика житлового району міста

Для характеристики житлового району міста необхідно вказати:

- площу житлового району;
- кількість мешканців;
- кількість поверхів у будинках мікрорайонів із невідомою забудовою;
- характеристику рельєфу місцевості.

### 1.2 Основні кліматологічні дані місця будівництва

На основі [1] необхідно вибрати кліматологічні дані місця будівництва:

- розрахункову температуру зовнішнього повітря для проектування опалення  $t_{з.о.}$  (середня температура найбільш холодної п’ятиденки із забезпеченістю 0,92);
- середню протягом опалювального періоду температуру зовнішнього повітря  $t_{о.п.}$ ;

- тривалість опалювального періоду  $n_o$ ;
- тривалість різних температур зовнішнього повітря [ 2 ] ;
- температуру ґрунту  $t_{гр.}$  на глибині закладання теплової мережі (в курсовому проєкті допускається приймати  $t_{гр.}=5^{\circ}\text{C}$ ).

## 2 СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОТИ

Витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання для мікрорайонів із відомою й невідомою забудовою визначаються різними методами.

### 2.1 Розрахунок витрат теплоти у мікрорайоні з відомою забудовою

Якщо в мікрорайоні відома кількість та розміри будинків, то витрати теплоти на опалення окремого громадського будинку визначаються за формулою

$$Q_o = q_o V(t_b - t_{3.o.})\eta, \text{ Вт}, \quad (2.1)$$

де  $q_o$  - опалювальна характеристика будинку,  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C})$ , залежить від призначення будинку та його об'єму [3]. У додатковій літературі вона наводиться для розрахункової температури зовнішнього повітря  $t_3=-30^{\circ}\text{C}$ ;

$V$  - об'єм будинку за зовнішніми розмірами,  $\text{м}^3$ ;

$t_b$  - розрахункова температура повітря в приміщеннях будинку,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{3.o.}$  - температура зовнішнього повітря, середня найбільш холодної п'ятиденки із забезпеченістю 0,92;

$\eta$  - поправковий коефіцієнт на теплову характеристику будинку, залежить від  $t_{3.o.}$  (табл.1).

**Таблиця 1 – Поправковий коефіцієнт  $\eta$  для житлових і громадських будинків**

$t_{3.o.}, ^{\circ}\text{C}$	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
$\eta$	1,45	1,29	1,17	1,08	1	0,95	0,9

Витрати теплоти на вентиляцію громадського будинку розраховують за допомогою формули

$$Q_b = q_b V(t_b - t_{3.o.}), \text{ Вт}, \quad (2.2)$$

де  $q_v$ - вентиляційна характеристика будинку, Вт/(м<sup>3</sup>°C) [3].

Витрати теплоти на гаряче водопостачання залежать від норм споживання води та кількості споживачів у будинку.

Середня витрата теплоти впродовж доби на гаряче водопостачання будинку дорівнює

$$Q_{г.в.}^{ср.} = \frac{c \cdot a_m^h \cdot m\rho(60 - t_x)}{3600T}, \quad \text{Вт}, \quad (2.3)$$

де  $c$  - теплоємність води, Дж/(кг·°C);  $a_m^h$  - норма витрат води на одного споживача за добу, л/добу [3];  $m$ - кількість споживачів;  $\rho$ - густина води, кг/л;  $T$ - період , протягом якого споживається вода,  $T=24$  години (для житлових будинків, лікарень, санаторіїв, інтернатів, дитячих садків-ясел, гуртожитків, готелей). Для інших громадських будівель період споживання гарячої води дорівнює кількості годин роботи, але не менше 10 годин.

Витрату теплоти в години з максимальним споживанням води можна розрахувати за допомогою формули

$$Q_{г.в.}^{max} = \kappa_2 Q_{г.в.}^{ср.}, \quad (2.4)$$

де  $\kappa_2$  – коефіцієнт годинної нерівномірності,  $\kappa_2 = \frac{a_{hr.u}^h}{a_m^h} \cdot 24$ ,

де  $a_{hr.u}^h$  – норма витрат води на гаряче водопостачання в годину найбільшого споживання , л/год [3].

Результати розрахунків оформляють у табличній формі (табл.2).

**Таблиця 2 – Витрати теплоти**

№ з/п	Найменування будинків	Розрахункові витрати теплоти, МВт			
		На опалення $Q_o$	На вентиляці ю $Q_v$	На гаряче водопостачання	
				Середні $Q_{г.в.}^{ср.}$	Максимальн і $Q_{г.в.}^{max}$
1	Житловий будинок				
2	...				

## 2.2 Розрахунок витрат теплоти у мікрорайоні з невідомою забудовою

Мікрорайони з невідомою забудовою- це ті мікрорайони, які планується забудувати в перспективі . У таких мікрорайонах, як правило, перелік будинків не відомий. Витрати теплоти на опалення житлових будинків у них визначають за допомогою формули

$$Q_o^{\text{ж}} = q_{\text{м}^2} F_{\text{ж}}, \text{ Вт}, \quad (2.5)$$

де  $q_{\text{м}^2}$  - витрати теплоти, Вт, на опалення 1 м<sup>2</sup> загальної площі житлового будинку [4]; F- загальна площа житлових будинків у мікрорайоні, м<sup>2</sup> . Загальну площу квартир у житлових будинках можна визначити на основі щільності житлового фонду (табл.3).

**Таблиця 3 – Житлова площа , м<sup>2</sup>, на 1 га площі забудови мікрорайону (щільність житлового фонду)**

Кліматична зона	Житлова площа, м <sup>2</sup> , на 1 га території при кількості поверхів у будинках мікрорайону								
	2	3	4	5	6	7	8	9	12
Центральна	3600	4500	5000	5800	6100	6400	6800	7200	7500

У мікрорайонах із невідомою забудовою витрати теплоти на опалення громадських будинків обчислюють як частку від витрат теплоти на опалення житлових будинків

$$Q_o^{\text{гpm}} = \kappa_1 Q_o^{\text{ж}}, \text{ Вт}, \quad (2.6)$$

де  $\kappa_1=0,25$ .

Витрати теплоти на вентиляцію громадських будинків розраховують за формулою

$$Q_v = \kappa_2 Q_o^{\text{гpm}}, \text{ Вт}, \quad (2.7)$$

де  $\kappa_2$  - коефіцієнт, котрий урахує, яка частка витрат теплоти необхідна для вентиляції приміщень. За відсутності конкретних рекомендацій цей коефіцієнт приймають рівним  $\kappa_2=0,4$ .

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання будинків у мікрорайоні з невідомою забудовою дорівнює

$$Q_{2\epsilon}^{cp} = \frac{1,2m(a_m^h + \epsilon) \rho c (t_z - t_x)}{3600 \cdot 24}, \quad \text{Вт}, \quad (2.8)$$

де  $a_m^h$  – витрата води на гаряче водопостачання одним мешканцем за добу в житлових будинках, л/добу;  $\epsilon$  - витрата води на гаряче водопостачання одним мешканцем у громадських будинках, л/добу (приймається 25 л/добу);  $m$  - кількість мешканців у мікрорайоні.

Максимальну витрату теплоти на гаряче водопостачання для мікрорайону з невідомою забудовою визначають за допомогою рівняння

$$Q_{2\epsilon}^{max} = \kappa_2 \cdot Q_{2\epsilon}^{cp}. \quad (2.9)$$

Коефіцієнт годинної нерівномірності приймають  $\kappa_2 = 2,4$ .

Теплове навантаження для всього житлового району міста обчислюють як суму витрат теплоти для окремих мікрорайонів.

### 2.3 Графіки витрат теплоти

Для побудови графіка теплоти на опалення використовують формулу

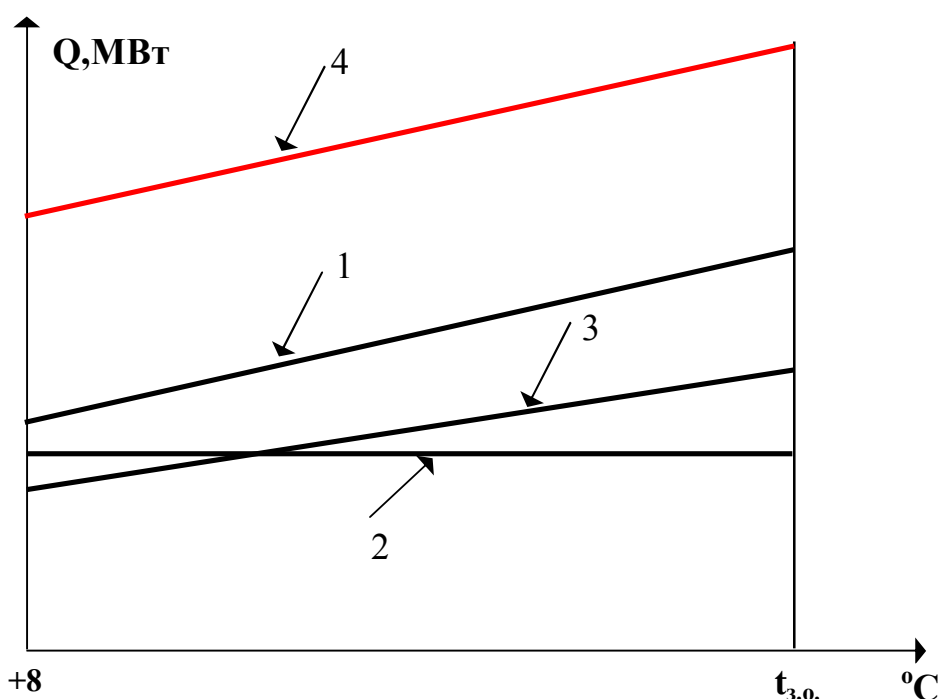
$$Q_o = Q_{3.0} \cdot \frac{t_B - t_3}{t_B - t_{3.0}}, \quad (2.10)$$

де  $Q_{3.0}$  - витрати теплоти на опалення при розрахунковій температурі зовнішнього повітря  $t_{3.0}$ ;  $t_B$  - розрахункова температура повітря в приміщеннях будинків;  $t_3$  - температура зовнішнього повітря, при якій визначають витрати теплоти на опалення. Тобто витрати теплоти на опалення лінійно змінюються залежно від температури зовнішнього повітря. Із зниженням температури зовнішнього повітря витрати теплоти на опалення збільшуються. Аналогічно змінюються витрати теплоти на вентиляцію.

Витрата теплоти на гаряче водопостачання від температури зовнішнього повітря не залежить. На рисунку 1 наведені графіки, що характеризують змінення витрат теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання залежно від температури зовнішнього повітря, а також графік сумарних витрат теплоти.

## 2.4 Графік витрати теплоти залежно від тривалості різних температур зовнішнього повітря

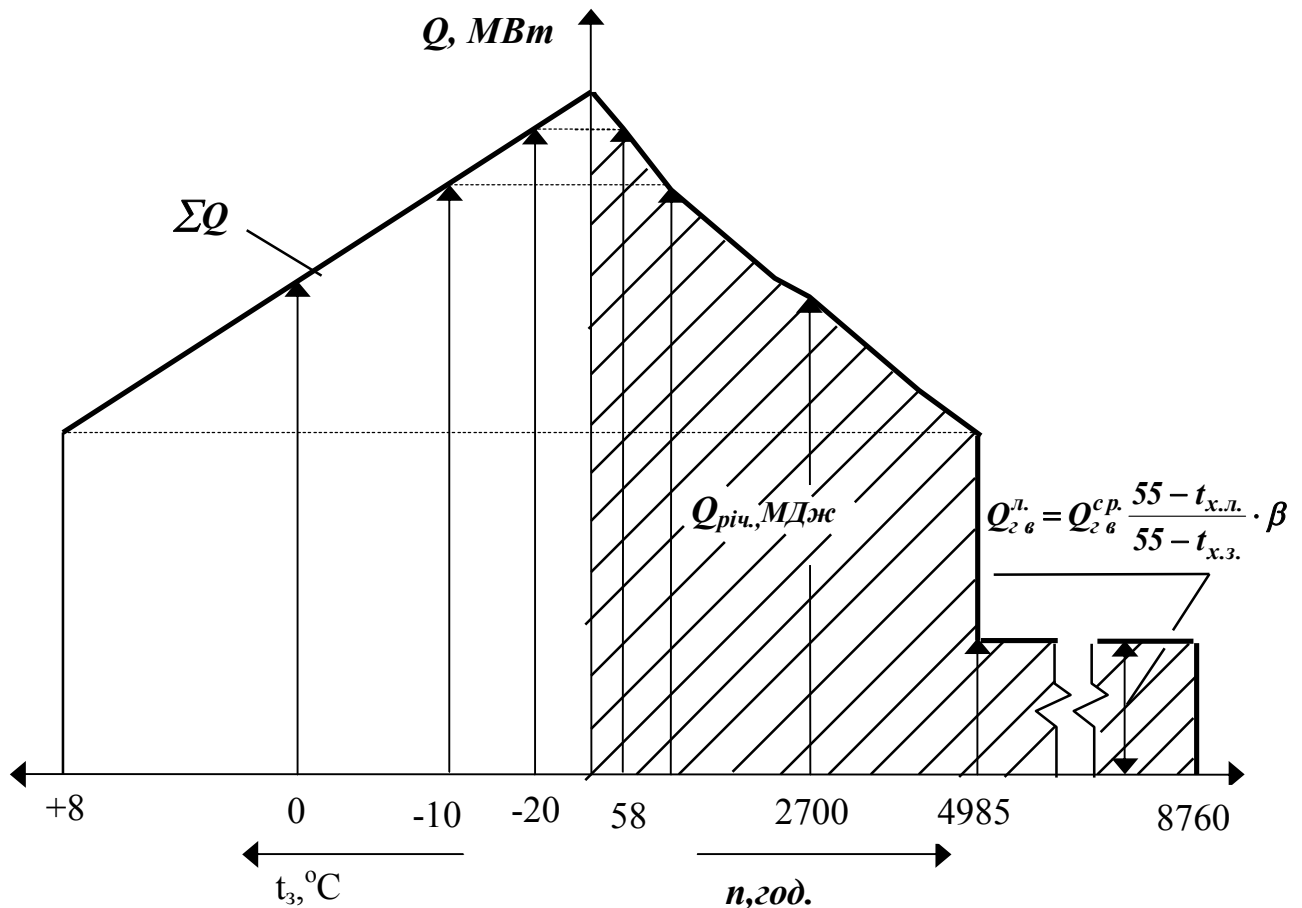
Кількість теплоти, яку необхідно витратити, наприклад на опалення приміщень, залежить від тривалості температур зовнішнього повітря, її зручно визначити за допомогою графіка. Його будують на основі сумарного графіка витрат теплоти і тривалості різних температур зовнішнього повітря. Приклад побудови графіка поданий на рисунку 2. Заштрихована площа графіка характеризує витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання протягом року.



**Рисунок 1 – Графік витрат теплоти залежно від температури зовнішнього повітря:**

1– на опалення; 2– на вентиляцію; 3– на гаряче водопостачання; 4– сумарний





**Рисунок 2– Графік витрат теплоти залежно від тривалості температур зовнішнього повітря**

### **3 РЕЖИМ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ**

При розробленні центрального режиму регулювання орієнтуються на основного споживача теплоти в системі теплопостачання. У житловій зоні забудови основним споживачем є система опалення. Для регулювання систем опалення розраховують і будують опалювальний графік.

#### **3.1 Опалювальний графік температур теплоносія**

Для побудови опалювального графіка розраховують температуру теплоносія в подавальному ( $\tau_1$ ) та зворотному ( $\tau_2$ ) трубопроводах теплової мережі при різних температурах зовнішнього повітря  $t_3$ .

Температуру в подавальному трубопроводі обчислюють за допомогою рівняння

$$\tau_1 = t_B + (\tau_{\text{пр.о.}} - t_B) \overline{Q}_o^{0,8} + (\tau_{1o} - \tau_{\text{пр.о.}}) \overline{Q}_o, \quad (3.1)$$

температуру в зворотному трубопроводі– за формулою

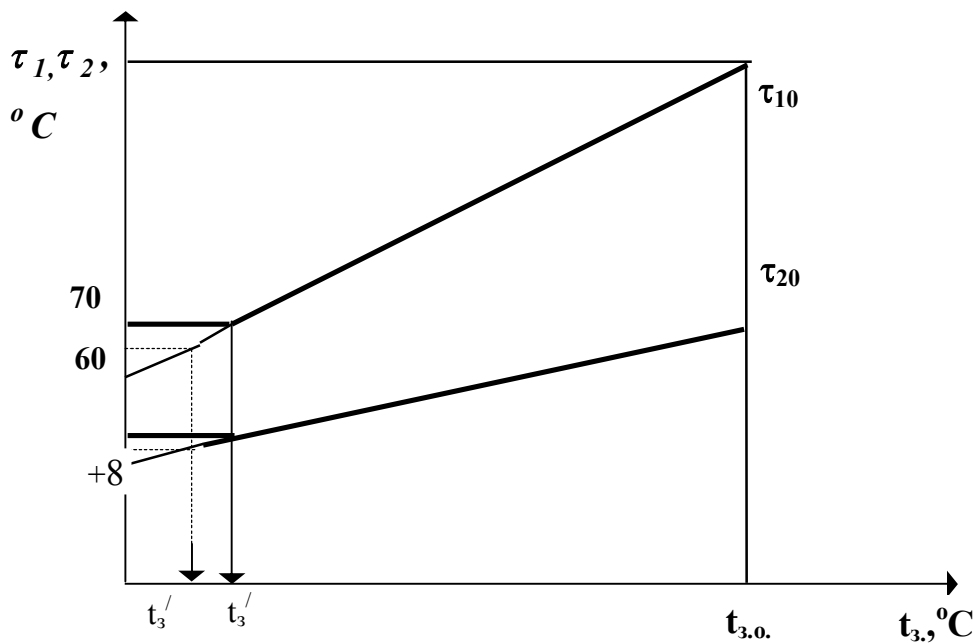
$$\tau_2 = \tau_1 - (\tau_{1o} - \tau_{2o}) \overline{Q}_o, \quad (3.2)$$

де  $t_B$ - розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;  $\tau_{\text{пр.о.}}$ - середня температура теплоносія в нагрівальному приладі системи опалення при  $t_{3.o.}$ ;  $\tau_{1o}, \tau_{2o}$  - відповідно розрахункова температура теплоносія в подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря  $t_{3.o.}$ ;  $\overline{Q}_o$  – відносна витрата теплоти на опалення при температурі зовнішнього повітря

$$\overline{Q}_o = \frac{t_B - t_3}{t_B - t_{3.o.}}. \quad (3.3)$$

За результатами розрахунків за допомогою наведених рівнянь будують опалювальний графік температур теплоносія (рис. 3).

Температура теплоносія в закритій тепловій мережі не повинна знижуватись нижче 70°С, у відкритій– нижче 60°С. Тому лінії, які характеризують на графіку температуру мережної води в подавальному й зворотному трубопроводах, мають перелом.

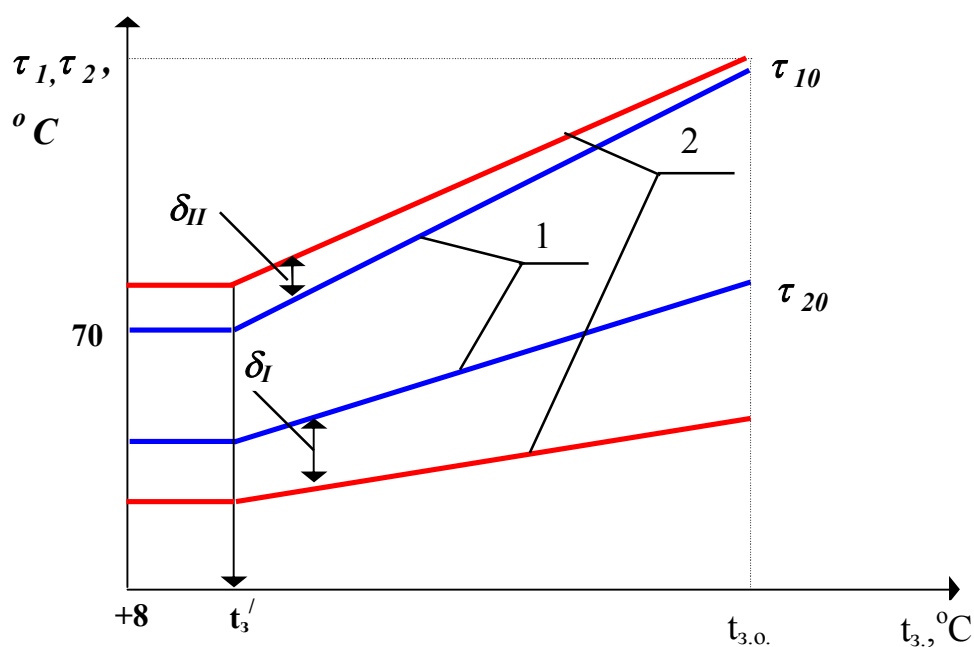


**Рисунок 3– Опалювальний графік температур теплоносія:**

- **закрита теплова мережа;**
- ..... **відкрита теплова мережа**

### 3.2 Графік температур теплоносія при центральному якісному регулюванні закритої теплової мережі за сумарним навантаженням на опалення і гаряче водопостачання

Режим центрального регулювання за сумарним навантаженням систем опалення та гарячого водопостачання розробляють із метою зниження розрахункових витрат води в тепловій мережі. Для закритої теплової мережі його застосовують при двоступеневій послідовній схемі підключення теплообмінників. Для цього будують так званий підвищений графік температур теплоносія. Графік підвищених температур теплоносія (рис.4) будують на основі опалювального графіка.



**Рисунок 4— Підвищений графік температур теплоносія для закритої мережі:**

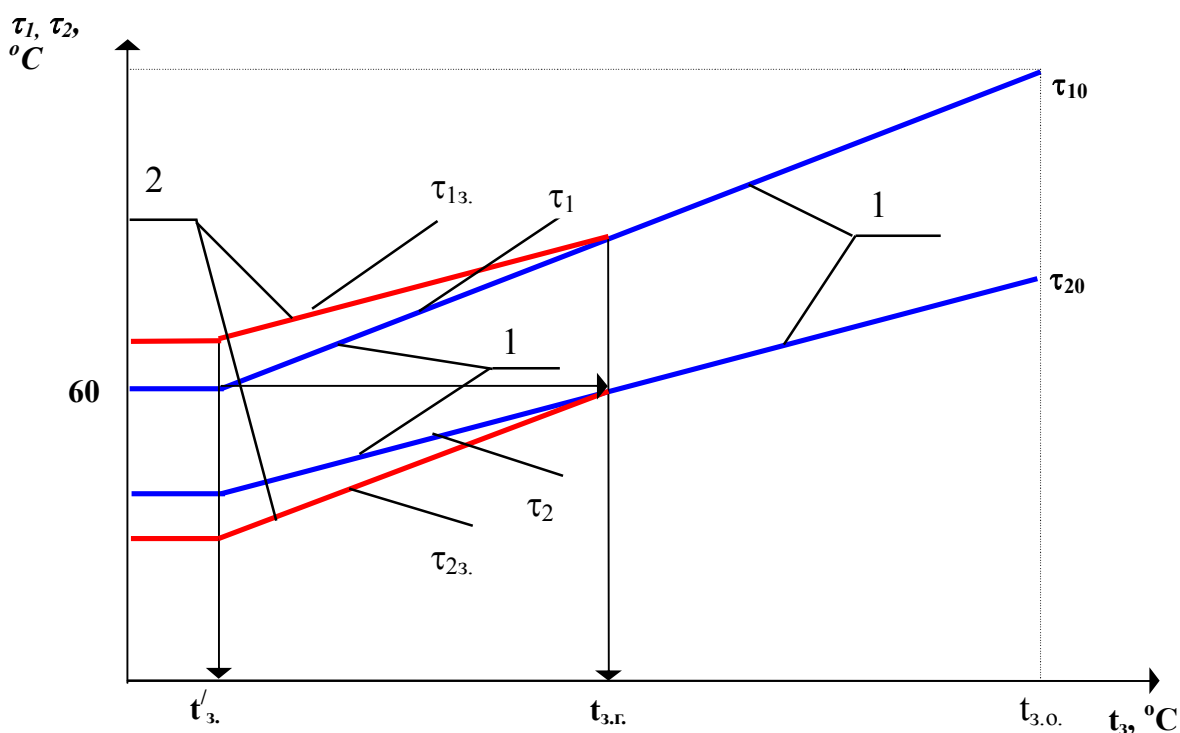
- 1- опалювальний графік; 2- підвищений графік температур;
- $\delta_I$  — різниця температур мережної води в першому ступені теплообмінників;
- $\delta_{II}$  — різниця температур у другому ступені теплообмінників

Приклад побудови підвищеного графіка наведений у [3].

### 3.3 Підвищено скорегований графік температур теплоносія для відкритої теплової мережі

Режим центрального регулювання відкритої теплової мережі за сумарним навантаженням на опалення і гаряче водопостачання для відкритої теплової мережі рекомендується приймати при співвідношенні  $\frac{Q_{г.в}^{сф}}{Q_o} = 0,1 \div 0,3$ . Для розроблення цього режиму регулювання будують підвищено скорегований графік температур теплоносія.

Цей графік дозволяє зменшити витрати мережної води у відкритій тепловій мережі. При температурах зовнішнього повітря  $t_{з.}$ , нижчих, ніж  $t_{з.г.}$  (рис.5), температуру теплоносія в подавальному трубопроводі підтримують відповідно до опалювального графіка. При вищих температурах зовнішнього повітря температуру теплоносія збільшують порівняно з опалювальним графіком.



**Рисунок 5– Підвищено скорегований графік температур теплоносія для відкритої теплової мережі:**

- 1- опалювальний графік; 2- підвищено скорегований графік температур теплоносія для відкритої теплової мережі;
- $\tau_{13}$ - температура теплоносія в подавальному трубопроводі;
- $\tau_{23}$ - температура теплоносія у зворотному трубопроводі

## 4 ТРАНСПОРТУВАННЯ ТЕПЛОТИ

Проектування теплових мереж починають із нанесення на план житлового району міста траси трубопроводів.

Основні принципи, якими потрібно керуватись при цьому, - це мінімальна довжина трубопроводів від джерела теплої до споживачів та надійність роботи системи тепlopостачання. Трасу прокладають у технічних полосах, паралельно червоним лініям вулиць, доріг. На рисунку 6 наведена схема житлового району міста з трасуванням теплової мережі.

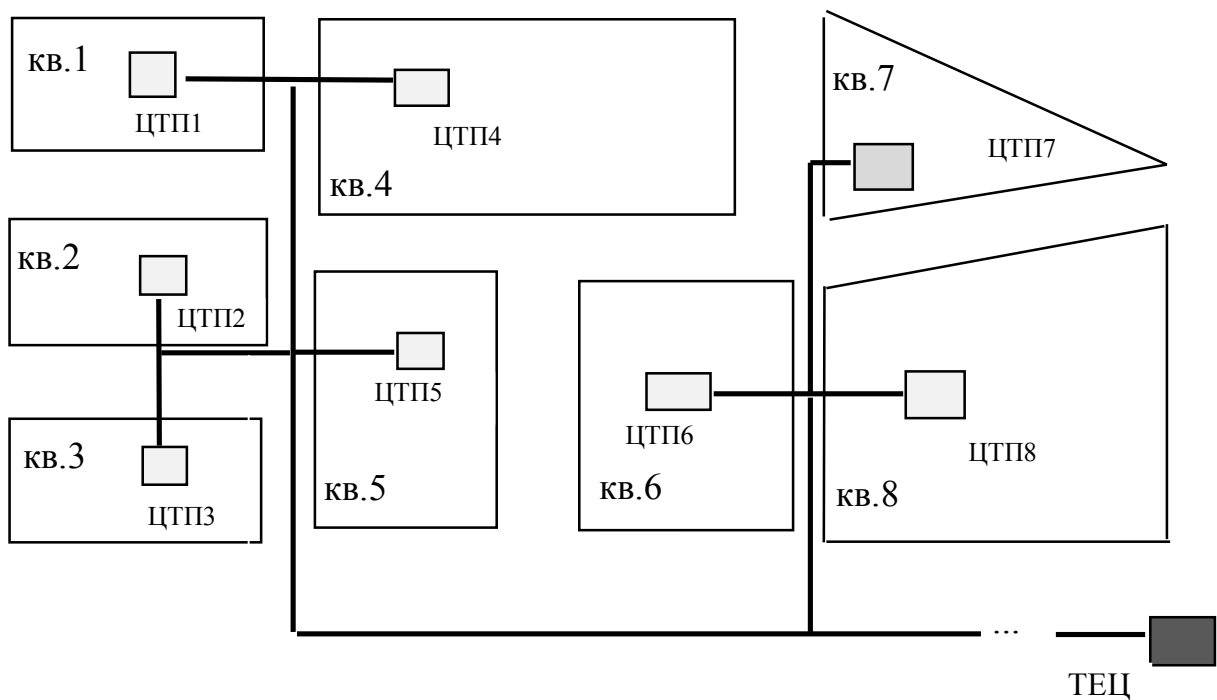


Рисунок 6 – Схема траси житлового району міста

### 4.1 Розрахунок витрат теплоносія для закритої теплової мережі

Витрати теплоносія для окремих ділянок магістральної теплової мережі розраховують за допомогою формули

$$G_p = G_o + G_v + \kappa_3 G_{zv.}^{cep.}, \quad (4.1)$$

де  $G_o, G_v, G_{zv.}^{cep.}$  – відповідно розрахункові витрати теплоносія на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання;  $\kappa_3$  – коефіцієнт, що залежить від теплового навантаження на ділянку. При загальному тепловому навантаженні 100 МВт і більше  $\kappa_3=1,0$ ; при тепловому навантаженні, меншому ніж 100 МВт,

але більшому за 10 МВт  $\kappa_3 = 1,2$ . Якщо теплове навантаження менше від 10 МВт, то у формулі (4.1) замість  $Q_{2\epsilon}^{cp}$  підставляють  $Q_{2\epsilon}^{max}$ , а  $\kappa_3 = 1,0$ .

Витрату теплоносія на опалення будинків визначають за формулою

$$G_o = \frac{Q_{p.o}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})}, \text{ кг/с}, \quad (4.2)$$

де  $Q_{p.o}$  - розрахункові витрати теплоти на опалення будинків, кВт;  
 $\tau_{10}$ ,  $\tau_{20}$  - розрахункові температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, °С;  $c$  - теплоємність води, яка становить 4,187 кДж/кг°С.

Розрахункові витрати теплоносія на систему вентиляції дорівнюють

$$G_v = \frac{Q_{p.v}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})}, \text{ кг/с}, \quad (4.3)$$

де  $Q_{p.v}$  - розрахункові витрати теплоти на вентиляцію будинків, кВт.

На гаряче водопостачання, при регулюванні по опалювальному графіку та підключенню теплообмінників за паралельною схемою, розрахункові витрати теплоносія обчислюють за допомогою рівняння

$$G_{2\epsilon}^{cp} = \frac{Q_{2\epsilon}^{cp}}{c(\tau_1' - \tau_3')}, \text{ кг/с}, \quad (4.4)$$

де  $Q_{2\epsilon}^{cp}$  - середня витрата теплоти на гаряче водопостачання, кВт;

$\tau_1'$  - температура теплоносія в подавальному трубопроводі при температурі  $t_3 = t_3'$  (рис.3);  $\tau_3'$  - температура теплоносія після теплообмінника в точці злому температурного графіка,  $\tau_3' = 30^\circ \text{C}$ .

У випадку, коли систему тепlopостачання регулюють по підвищеному графіку при двоступеневій послідовній схемі підключення теплообмінників, витрати теплоносія на потреби гарячого водопостачання  $G_{2\epsilon}^{cp} = 0$ . Якщо навантаження на ділянку <10 МВт, то в загальних розрахункових витратах теплоносія враховують його витрати на гаряче водопостачання. Коли схема підключення теплообмінників двоступенева послідовна або змішана, то враховують максимальну витрату теплоносія для гарячого водопостачання, яку розраховують за формулою

$$G_{2\epsilon}^{max} = \frac{0,55Q_{2\epsilon}^{max}}{c(\tau_1' - \tau_2')}, \text{ кг/с}, \quad (4.5)$$

де  $Q_{2\epsilon}^{max}$  - максимальна витрата теплоти на потреби гарячого водопостачання;

$c$ - теплоємність води, кДж/кг<sup>0</sup>С;

$\tau'_1, \tau'_2$ - температура теплоносія в подавальному і зворотному трубопроводах при температурі зовнішнього повітря  $t'_3$ .

Для ділянок із тепловим навантаженням <10 МВт за відсутності баків - акумуляторів у рівняння (4.1) при паралельній схемі замість  $G_{2\epsilon}^{cep}$  підставляємо

$$G_{2\epsilon}^{max} = \frac{Q_{2\epsilon}^{max}}{c(\tau'_1 - \tau'_3)}, \text{ кг/с.} \quad (4.6)$$

При двоступеневій змішаній схемі витрати теплоносія на гаряче водопостачання менші, ніж при паралельній. У цьому випадку витрати теплоносія повинні забезпечити нагрівання води тільки в II ступені

$$G_{2\epsilon}^{cp} = \frac{Q_{2\epsilon}^{cp}}{c(\tau'_1 - \tau'_2)} \frac{t_2 - t'_n}{t_2 - t_x}, \text{ кг/с,} \quad (4.7)$$

де  $t_r$ - температура гарячої води, яка надходить у системи гарячого водопостачання;  $t'_n$ - температура водопровідної води після першого ступеня нагрівання;  $t_x$  - температура холодної водопровідної води.

Будівельні норми [4] рекомендують середню витрату теплоносія на гаряче водопостачання в цьому випадку розраховувати за допомогою формули

$$G_{2\epsilon}^{cp} = \frac{Q_{2\epsilon}^{cp}}{c(\tau'_1 - \tau'_2)} \left( \frac{t_2 - t'_n}{t_2 - t_x} + 0,2 \right), \quad (4.8)$$

де 0,2 - коефіцієнт, що враховує нерівномірність споживання гарячої води протягом тижня.

Після центрального теплового пункту (ЦТП) розрахункові витрати теплоносія для окремої ділянки теплових мереж опалення та вентиляції дорівнюють  $G_p = G_o + G_\epsilon$ ,

де  $G_o$ ;  $G_\epsilon$ - відповідно розрахункові витрати теплоносія на опалення й вентиляцію.

Для мереж гарячого водопостачання, зокрема для подавального трубопроводу, відповідно до рекомендації [4] витрати теплоносія розраховують за формулою  $G = 5g\alpha$ , л/сек.,

де  $g$ - характерна витрата теплоносія для даної ділянки, л/сек.;

$\alpha$ - коефіцієнт, який ураховує кількість водорозбірних точок, котрі обслуговують окрему ділянку, та вірогідність їх одночасної дії, тобто  $\alpha=f(NP)$  [6],

де N- кількість водорозбірних точок; P- вірогідність їх одночасної дії.

Витрати в циркуляційному трубопроводі, досить приблизно, можна прийняти в розмірі 20% від витрат у подавальному трубопроводі.

## 5 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВІДІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Гідравлічний розрахунок теплових мереж від джерела теплоти до ЦТП (у закритих теплових мережах) і до центральної теплової камери (ЦТК) (у відкритих) виконують у два етапи: попередній гідравлічний розрахунок та остаточний. Мета попереднього гідравлічного розрахунку– визначити матеріальну характеристику теплової мережі при довільно прийнятому градієнті тиску на головній магістралі. Це дасть можливість надалі визначити оптимальний градієнт тиску на головній магістралі.

### 5.1 Оптимальний градієнт тиску

При попередньому гідравлічному розрахунку задаються довільним значенням градієнта тиску по головній магістралі до 80 Па/м та за допомогою номограми для гідравлічного розрахунку з [5] або [7] призначають діаметри на ділянках і розраховують матеріальну характеристику теплової мережі. Результати попереднього гідравлічного розрахунку доцільно подати у формі таблиці 4.

**Таблиця 4 – Попередній гідравлічний розрахунок**

№ ділянок	G, кг/с	D, мм	l, м	R, Па/м	M <sub>i</sub> = D <sub>i</sub> l <sub>i</sub> , м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
Головна магістраль R <sub>0</sub> = Па/м					
ТЕЦ-1					
....					
					$\sum_{i=1}^n D_i l_i$

При цьому необхідно пильнувати, щоб перепад тиску для окремих відгалужень був однаковий.

Матеріальну характеристику потрібно розраховувати для всієї тепло-вої мережі, тобто для головної магістралі та відгалужень. Матеріальна характеристика для всієї мережі (враховуючи подавальний і зворотний тру-

бопроводу) дорівнює  $M_o = 2 \cdot \sum_{i=1}^n D_i \cdot l_i$ .



Оптимальний градієнт тиску по головній магістралі обчислюють за допомогою рівняння

$$R_{\text{опт.}} = 26600 \left( \varphi \frac{M_o R_o^{0,19}}{G_o L} \right)^{0,84}, \text{ Па/м}, \quad (5.1)$$

де  $M_o$ - матеріальна характеристика теплової мережі, визначена на основі попереднього гідравлічного розрахунку;  $R_o$ - градієнт тиску по головній магістралі при матеріальній характеристиці  $M_o$ ;  $G_o$ - розрахункова витрата теплоносія в тепловій мережі;  $L$ - загальна довжина головної магістралі,  $L=2 \sum_{i=1}^n l_i$  (подавальний і зворотний трубопроводи);  $\varphi$ - коефіцієнт, який залежить від техніко-економічних показників та обладнання теплової мережі,  $\text{Вт/м}^2$ ,

$$\varphi = \eta_{\text{н.у.}} \frac{(f_{\text{т.м.}} + E_{\text{н}})v + 3,6 \cdot \pi \cdot \kappa (\tau_{\text{ср.}} - t_o) \beta \cdot n \cdot 10^{-6} \cdot V_{\text{т.}}}{(1 + \alpha)n_{\text{м.н.}} \cdot V_e}. \quad (5.2)$$

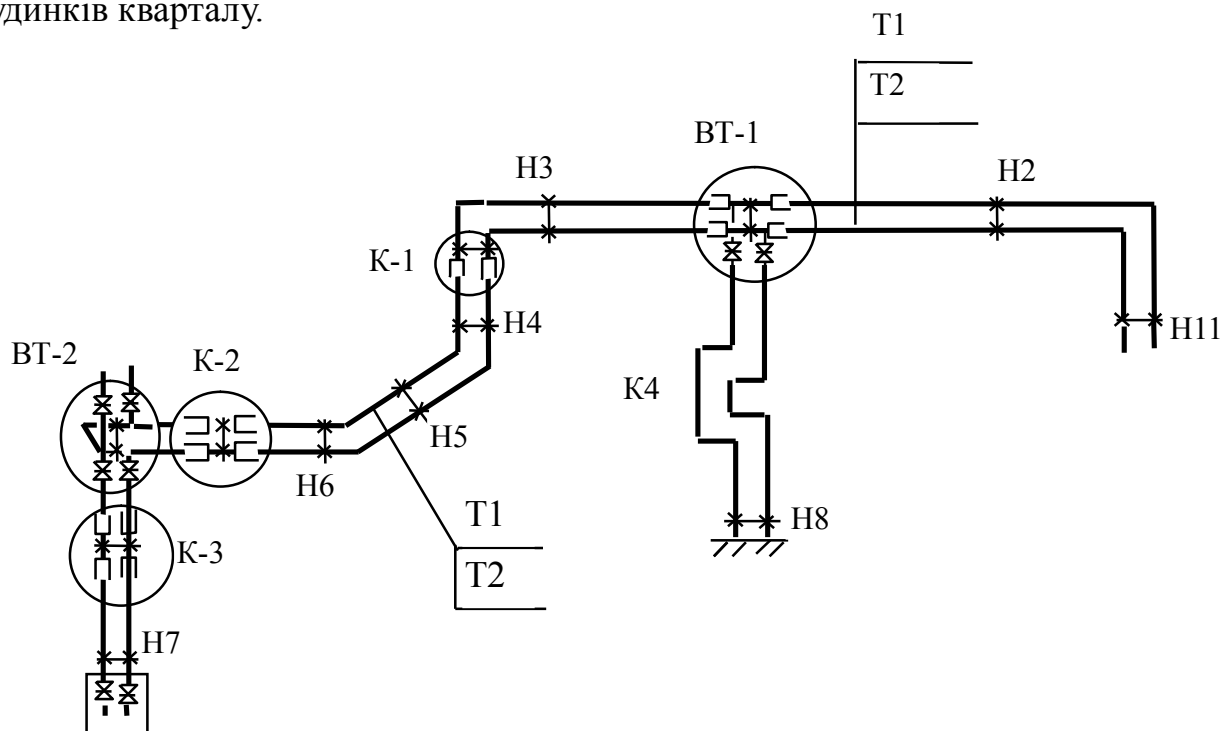
У цій формулі  $\eta_{\text{н.у.}}$ - ККД насосної установки,  $\eta_{\text{н.у.}}=0,6$ ;  $f_{\text{т.м.}}$  - частка відрахувань на амортизацію, ремонт і обслуговування теплової мережі, приймають 0,075, 1/рік;  $E_{\text{н}}$ - нормативний коефіцієнт ефективності,  $E_{\text{н}}= 0,12$ , 1/рік;  $v$ - коефіцієнт, який характеризує вартість теплової мережі,  $\text{грн./м}^2$ , його значення приймають залежно від типу ґрунту й способу прокладення теплової мережі;  $\kappa$ - коефіцієнт теплопередачі від теплоносія в навколишнє середовище, при техніко-економічних розрахунках можна приймати  $\kappa=1 \text{Вт}/(\text{м}^2 \text{°C})$ ;  $\tau_{\text{ср.}}$ - середня температура теплоносія в тепловій мережі, приймають по опалювальному графіку залежно від середньої температури зовнішнього повітря в опалювальний період;  $t_o$ - температура навколишнього середовища, при підземному прокладанні приймають середню температуру ґрунту на глибині осі трубопроводу,  $t_{\text{зп.}}= 5^\circ\text{C}$ ;  $\beta$ - коефіцієнт, котрий урахує втрати теплоти неізольованими ділянками теплової мережі, тобто засувками, сальниковими компенсаторами й іншими ділянками,  $\beta=1,2$ ;  $n$ - кількість годин роботи теплової мережі протягом року;  $V_{\text{т.}}$ - вартість теплової енергії,  $\text{грн./ГДж}$ ;  $V_e$ - вартість електричної енергії,  $\text{грн./кВт}\cdot\text{год.}$ ;  $\alpha$ - коефіцієнт, який урахує втрати тиску на місцевих опорах,  $\alpha=0,3$ ;  $n_{\text{м.н.}}$ - кількість годин використання розрахункової потужності мережних насосів.

## 5.2 Гідравлічний розрахунок

Після попереднього гідравлічного розрахунку виконують остаточний гідравлічний розрахунок головної магістралі, призначають діаметри трубопроводів, орієнтуючись на оптимальний градієнт тиску на ділянках, далі

розраховують відгалуження. При виконанні гідравлічного розрахунку використовують номограми або таблиці для гідравлічного розрахунку водяних теплових мереж із [3] чи [5]. При остаточному гідравлічному розрахунку розробляють монтажну схему. Подавальний трубопровід при будівництві прокладають із правого боку по ходу води від джерела теплоти, а зворотний- із лівого. При підземному прокладенні трубопроводів, як правило, застосовують П-подібні компенсатори. Для трубопроводів діаметром більше від 100 мм можна використовувати при обґрунтуванні сальникові. Нерухомі опори встановлюють у камерах або в каналі біля камери.

На всіх відгалуженнях від магістралі та відгалуженнях до споживачів необхідно встановити відмикаючу арматуру і для обслуговування секційні засувки бажано розташовувати у вузлових камерах. Для обслуговування сальникових компенсаторів також передбачають камери. У вищих точках трубопроводів необхідно передбачити обладнання для відведення повітря, а в нижніх - спускники. Монтажну схему трубопроводів викреслюють, не додержуючись масштабу, але візуально співвідношення довжин окремих ділянок, якщо можна, необхідно витримати. На рисунку 7 наведений приклад монтажної схеми для окремої ділянки теплових мереж опалення та вентиляції будинків кварталу.



**Рисунок 7– Монтажна схема трубопроводів теплової мережі:**

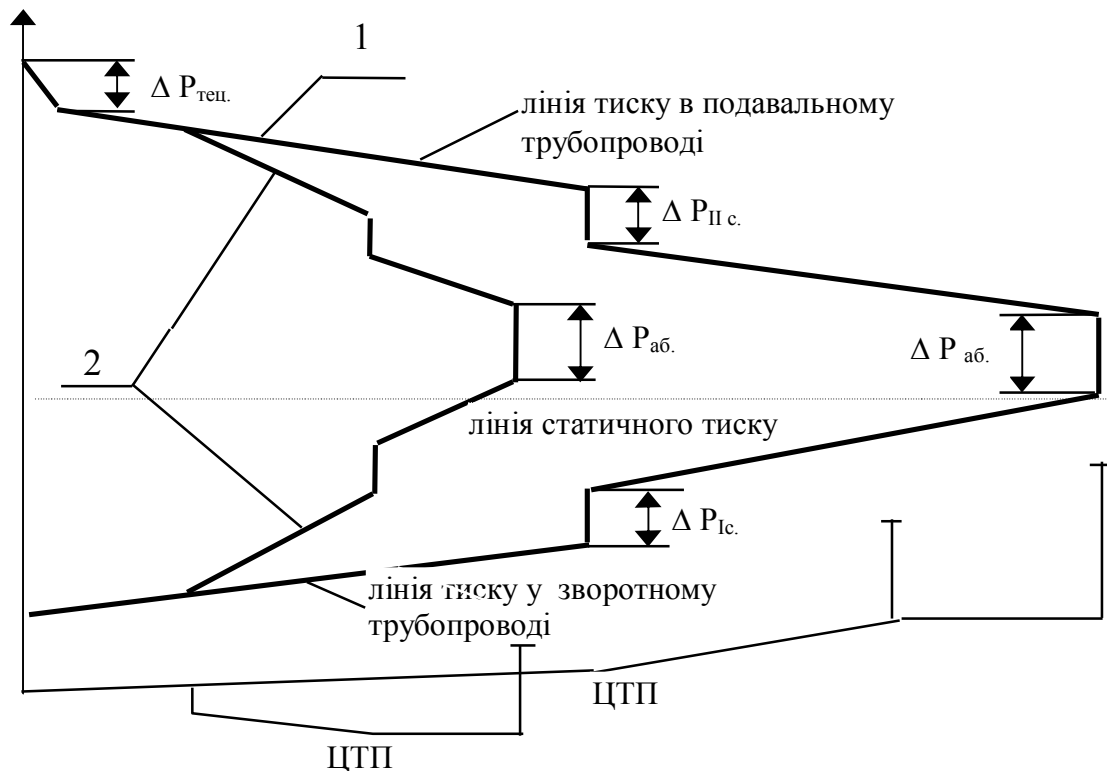
T1 - подавальний трубопровід теплових мереж опалення та вентиляції; T2 - зворотний трубопровід; BT- теплова камера; H1- нерухома опора №1; K1- компенсатор №1

## **6 ГРАФІК ТИСКУ В ТЕПЛОВІЙ МЕРЕЖІ**

Графік тиску будують на основі результатів гідравлічного розрахунку теплової мережі.

На основі графіка визначають тиск мережних і підживлюючих насосів, схему підключення споживачів теплоти до теплової мережі та розв'язують інші питання.

Приклад побудови п'єзометричного графіка наведений на рисунку 8.



**Рисунок 8 – Графік тиску в закритій тепловій мережі:**

1- графік тиску для головної магістралі; 2- графік тиску для відгалуження;

$\Delta P_{\text{тец}}$ - втрати тиску на ТЕЦ;  $\Delta P_{\text{аб}}$ - втрати тиску в абонента;  $\Delta P_{\text{лс}}$ ,  $\Delta P_{\text{лс}}$ - втрати тиску відповідно на першому та другому ступені теплообмінників, які встановлені на центральному тепловому пункті (ЦТП)

## 7 ПОЗДОВЖНІЙ ПРОФІЛЬ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

При проектуванні теплових мереж для кожної з ділянок розробляють поздовжній профіль.

Теплову мережу прокладають паралельно рельєфу місцевості на глибині від поверхні землі, не меншій ніж:

0,7м - до верху ізоляції трубопроводу при безканалному прокладанні;

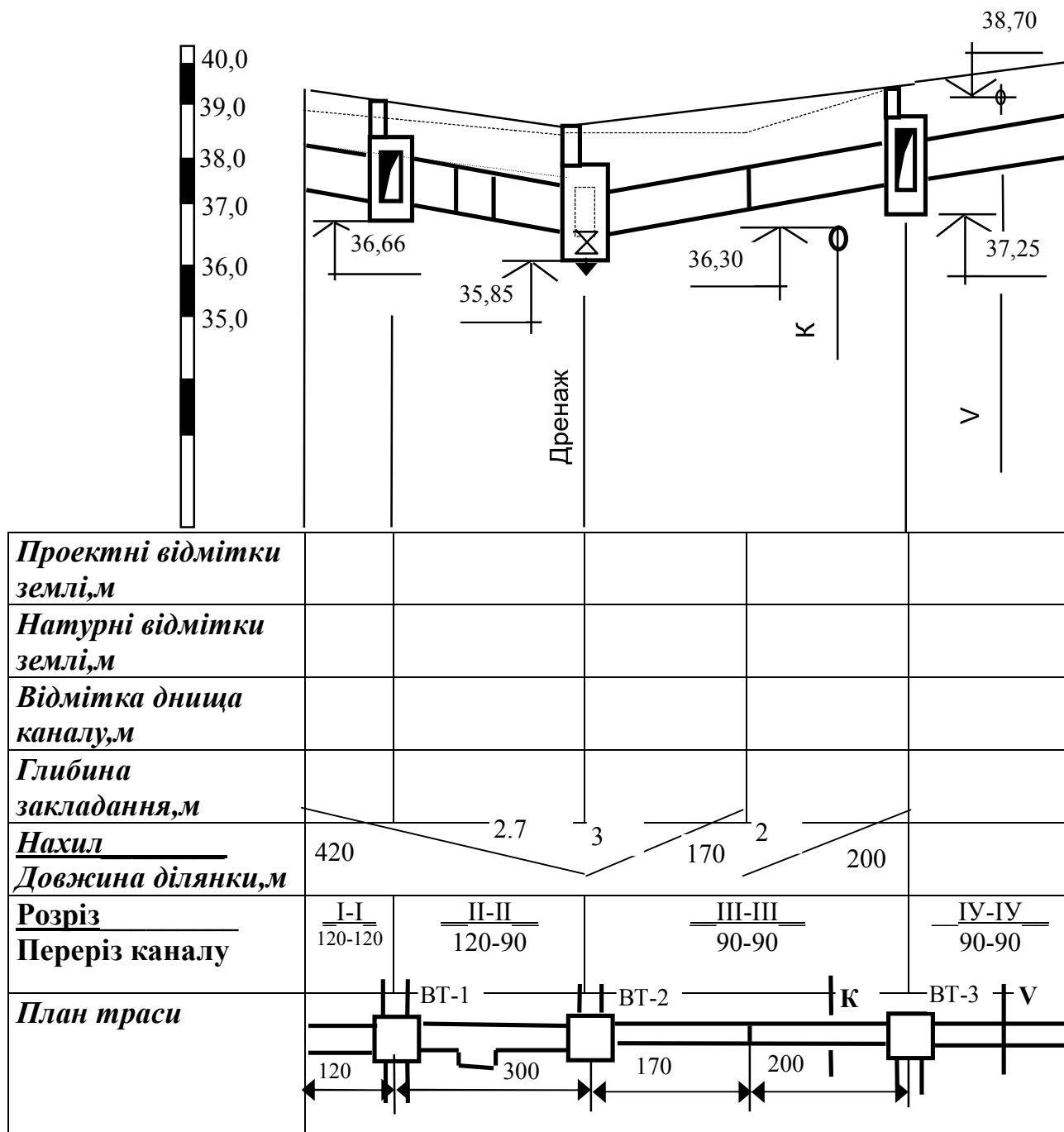
0,5 м - до верху перекриття каналу;

0,3 м - до верху перекриття камери.

У курсовому проекті необхідно розробити профіль теплової мережі для одної або двох ділянок головної магістралі загальною довжиною 250-500 метрів. Профіль мережі виконують у вигляді розгортки по осі траси теплової

мережі в масштабі: горизонтальний 1:500 і вертикальний 1:50 або горизонтальний 1:1000 та вертикальний 1:100.

Приклад оформлення поздовжнього профілю наведений на рисунку 9.



**Рисунок 9– Поздовжній профіль ділянки теплової мережі:**

ВТ3 - вузол трубопроводів №3; К4 - П-подібний компенсатор №4; НО - нерухома опора

## 8 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ

Теплову ізоляцію передбачають для трубопроводів теплових мереж із метою зменшення втрат теплоти. Теплова ізоляція складається з основного ізоляційного шару та покривного шару.

При проектуванні, як правило, товщину основного ізоляційного шару трубопроводів водяних теплових мереж установлюють на основі норм утрат теплоти або за допомогою техніко-економічного розрахунку. У курсовому проекті товщину теплової ізоляції потрібно розраховувати на основі норм утрати теплоти [5].

При розрахунку товщини теплоізоляції потрібно визначитись із матеріалом, з якого буде виготовлений основний ізоляційний і покривний шар, потім установити норму втрат теплоти для подавального та зворотного трубопроводів, а також підібрати канал. Типи і розміри каналів подані в [5]. За заданою нормою втрат теплоти загальний опір передачі теплоти від теплоносія до навколишнього середовища повинен бути не меншим від

$$\sum R = \frac{\tau - t_o}{q}, \quad \text{м}^{\circ}\text{C} / \text{Вт}, \quad (8.1)$$

де  $q$  - норма втрат теплоти, Вт/м;  $\tau$  - температура теплоносія,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $t_o$  - температура навколишнього середовища.

З іншого боку, загальний опір теплопередачі при прокладанні трубопроводів у непрохідних каналах становить

$$\Sigma R = R_g + R_{mp} + R_{iz} + R_{n.us} + R_z + R_{kan.} + R_{zp} + R_{1-2}, \quad \text{м}^{\circ}\text{C} / \text{Вт}, \quad (8.2)$$

де  $R_{iz}$ ,  $R_{n.us}$ ,  $R_z$ ,  $R_{kan.}$ ,  $R_{zp}$ ,  $R_{1-2}$  - відповідно опір передачі теплоти ізоляційного шару, покривного шару, опір теплообміну між поверхнею конструкції теплоізоляції та повітрям у каналі, а також між цим повітрям і внутрішньою поверхнею каналу, опір ґрунту й опір взаємного впливу труб.

Із цього рівняння можна визначити опір теплопровідності основного ізоляційного шару

$$R_{iz} = \Sigma R - (R_{n.us} + R_{iz} + R_{kan.} + R_{zp} + R_{1-2}). \quad (8.3)$$

Якщо відомий опір теплопровідності, то необхідна товщина основного ізоляційного шару дорівнює

$$\delta_{iz} = D_z \frac{e^{2\pi\lambda_{iz}R_{iz}} - 1}{2}. \quad (8.4)$$

## 9 ВИБІР БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

### 9.1 Визначення розмірів каналів та конструкції безканальної прокладки

Розміри каналів розраховують з умов, щоб забезпечити мінімальну відстань між трубопроводом і каналом. Чисельне значення відстані, а також типові варіанти конструкцій при безканальному прокладанні наведені в [3].

## 9.2 Теплофікаційні камери

Камери споруджують для розташування в них засувок, сальникових компенсаторів, кранів для відведення повітря або спорожнення теплової мережі. Їх виконують із збірних залізобетонних елементів, монолітного бетону чи цегли.

Розміри в плані можуть бути від 1,8×1,8 до 4×7 м, висота від 2 до 4 м. У курсовому проекті необхідно розробити дві камери, одну з яких у масштабі 1:20 у двох проекціях (план та поперечний розріз). Відстань між осями трубопроводів приймають на основі стандартного розташування трубопроводів у каналі. Габаритні розміри самої камери визначають з урахуванням мінімальних відстаней від обладнання до будівельних конструкцій, указаних у [3] і [5].

## 9.3 Компенсатори, компенсаторні ніши, рухомі та нерухомі опори

У курсовому проекті необхідно розрахувати ділянку самокомпенсації, тобто вузол повороту або Z-подібну ділянку, а також П-подібний компенсатор. При розрахунку П-подібних компенсаторів можна використовувати номограми, подані в [5].

При розрахунку сальникового компенсатора необхідно визначити монтажну й установочну довжину сальникового компенсатора на ділянці.

При прокладанні теплових мереж у непрохідних каналах використовують ковзні опори. Їх устанавлюють із метою, щоб виключити провисання трубопроводів, тобто для зменшення стріли провисання. Відстань між рухомими опорами залежить від діаметра трубопроводу. У курсовому проекті необхідно розрахувати відстань між нерухомими опорами для тих ділянок теплової мережі, які зображені на поздовжньому профілі. Відстань між рухомими опорами визначають за допомогою формули

$$l \leq \sqrt{\frac{W\varphi[\sigma]}{0,82g}}, \quad (9.1)$$

де  $l$ -відстань між рухомими опорами, м;  $W$ - момент опору трубопроводу, м<sup>3</sup>;  $g$ - маса 1 м трубопроводу разом з ізоляцією і теплоносієм. З урахуванням пластичності трубопроводу  $g$  приймають із коефіцієнтом 0,8;  $\varphi$  - коефіцієнт міцності зварювального шва;  $[\sigma]$  - допустима напруга, яка залежить від температури стінки трубопроводу, марки сталі, робочого тиску та способу компенсації температурних деформацій. Величину допустимої напруги визначають за [5].

Нерухомі опори розподіляють трубопровід на незалежні ділянки відносно температурних деформацій. Вони сприймають осьові зусилля, які виникають за рахунок цих деформацій. При підземному прокладанні нерухомі опори розташовують у камерах (лобові опори) або безпосередньо на трасі в каналах (щитові опори). Тип опори вибирають, керуючись величиною осьового зусилля. Характеристики нерухомих опор наведені в [5].

## 10 ПІДБІР ТЕПЛОФІКАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЕЦ

На ТЕЦ тепла й електрична енергія виробляється комбіновано. Теплофікаційне обладнання на ТЕЦ служить для нагрівання теплоносія та транспортування тепловими мережами. У курсовому проекті необхідно підібрати теплофікаційне обладнання, тобто теплообмінники (основні і пікові) та насоси (мережні й підживлюючі).

### 10.1 Розрахунок основних і пікових теплообмінників

Мета розрахунку теплообмінників- визначити їх кількість. При цьому площа нагрівальної поверхні теплообмінників повинна бути не меншою, ніж необхідна площа, яку визначають за допомогою формули

$$F = \frac{Q}{k \Delta t_{\text{сер.}}^{\text{лог.}}}, \text{ м}^2, \quad (10.1)$$

де  $Q$ - тепла продуктивність теплообмінників(основних або пікових), кВт;

$k$  - коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>°C);

$\Delta t_{\text{сер.}}^{\text{лог.}}$  - середня логарифмічна різниця температур пари і води.

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника розраховують за формулою

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

де  $\alpha_1$ - коефіцієнт тепловіддачі від пари (первинного теплоносія) до поверхні стінки трубок, Вт/(м<sup>2</sup>°C);  $\alpha_2$ - коефіцієнт тепловіддачі від стінки трубки до вторинного теплоносія, Вт/(м<sup>2</sup>°C).

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_1$  для вертикальних теплообмінників визначають за допомогою формули

$$\alpha_1 = \frac{6400 + 75,6 \cdot t_{ce p.k.} - 0,23 \cdot t_c^2 p.k.}{\sqrt[4]{(t_{н.н.} - t_{cm.})h}}, \text{ м}^\circ\text{C/Вт}, \quad (10.2)$$

де  $t_{ce p.k.}$  - середня температура конденсату,  $t_{ce p.k.} = \frac{t_{cm.} + t_{н.н.}}{2}$ ;  $h$  - відстань між перегородками [ 2], [5];

$$t_{ct.} - \text{температура стінки трубок} \quad t_{ct.} = \frac{\tau_{cep.} + t_{н.п.}}{2}, \text{ }^\circ\text{C},$$

де  $\tau_{cep.}$  - середня температура води  $\tau_{cp} = \frac{\tau_{10} + \tau_{20}}{2}$ ,  $^\circ\text{C}$ ,  $t_{н.п.}$  - температура насиченої пари;

$\tau_{10}$ ,  $\tau_{20}$  - розрахункова температура теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах.

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки трубки до вторинного теплоносія (мережної води)  $\alpha_2$  розраховують за формулою

$$\alpha_2 = \left(1630 + 21\tau_{c \phi.} - 0,041\tau_{c \phi.}^2\right) \frac{w^{0,8}}{d_{вн.}^{0,2}}, \text{ м}^\circ\text{C/Вт}, \quad (10.3)$$

де  $w$  - швидкість мережної води в трубках, м/с;  
 $d_{вн.}$  - внутрішній діаметр трубок, м.

## 10.2 Підбір циркуляційних (мережних) і підживлюючих насосів

Кількість теплоносія, яку повинні перекачувати циркуляційні (мережні) насоси, дорівнює сумарній кількості води, що циркулює в системі теплопостачання.

Підживлюючі насоси мають забезпечити втрати води, які в закритій системі приймають на рівні 0,75% від об'єму води в трубопроводах теплової мережі. Об'єм води в системах теплопостачання визначають за [10, (ІУ.27)]

$$V = Q (V_m + V_{zp}),$$

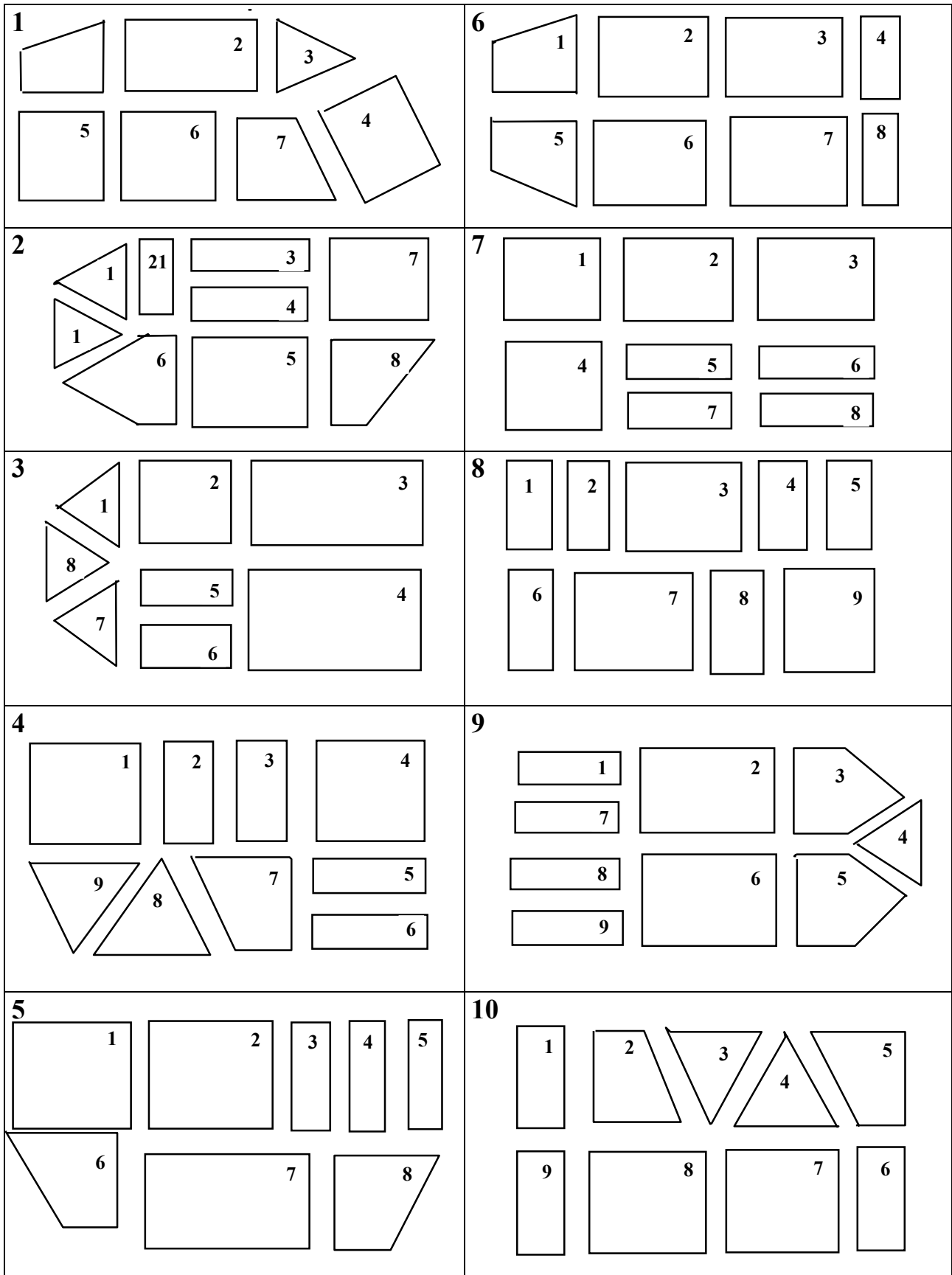
де  $Q$  - теплове навантаження, МВт;  $V_m$  - питомий об'єм води в тепловій мережі, тобто об'єм води на 1 МВт теплової потужності, м<sup>3</sup>/МВт;  $V_{zp}$  - питомий об'єм мережної води в системах опалення громадських будинків, м<sup>3</sup>/МВт.

У відкритих системах витрату води для вибору підживлюючих насосів приймають рівною сумі максимальних витрат води на гаряче водопостачання та витрат води, котрі покривають втрати.



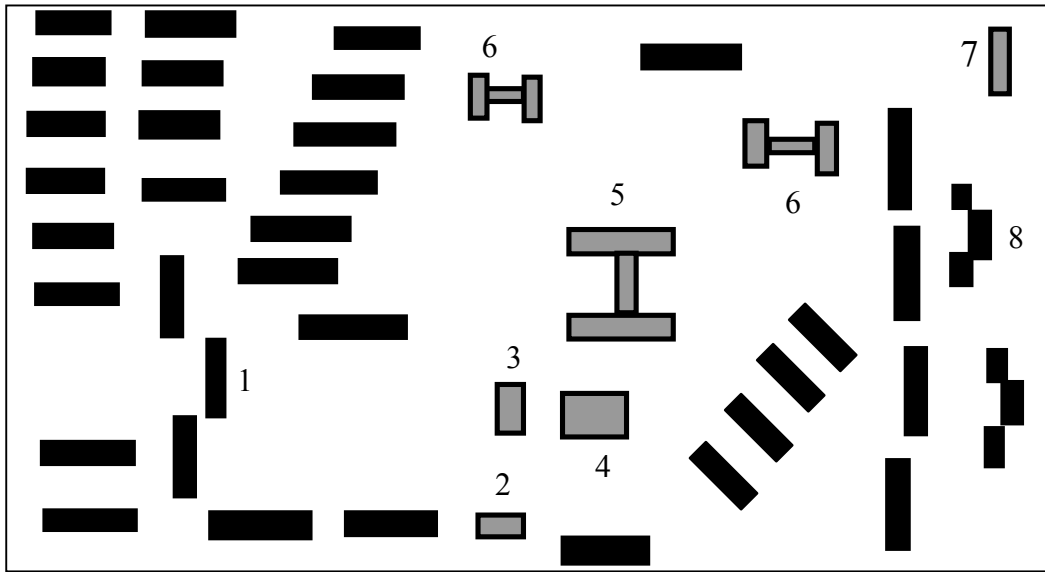
Тиск у мережних і підживлюючих насосах визначають за допомогою п'єзометричного графіка.

**Додаток А**  
**Варіанти генплану житлового району міста**  
**М 1: 50000**

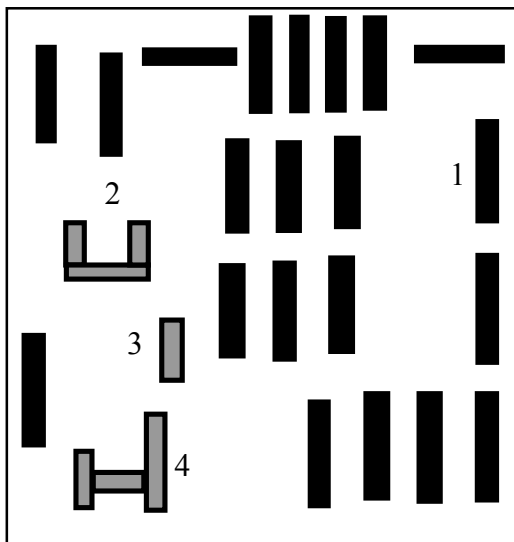


**Додаток Б**  
**Варіанти забудови мікрорайонів**  
**М 1:10000**

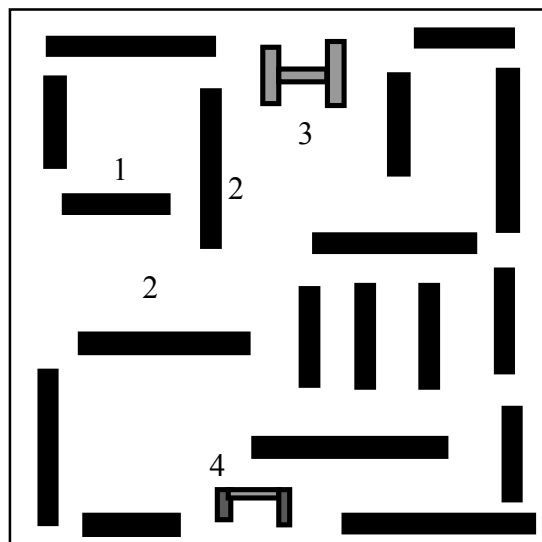
1



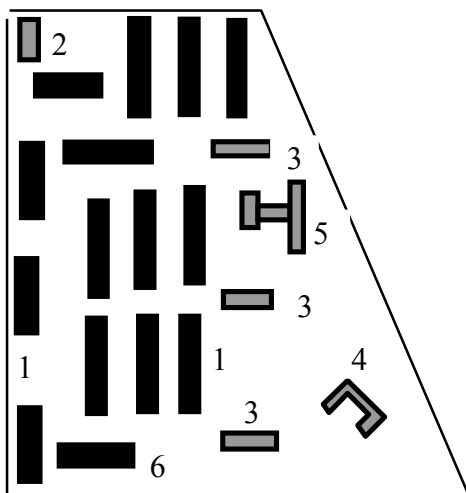
2



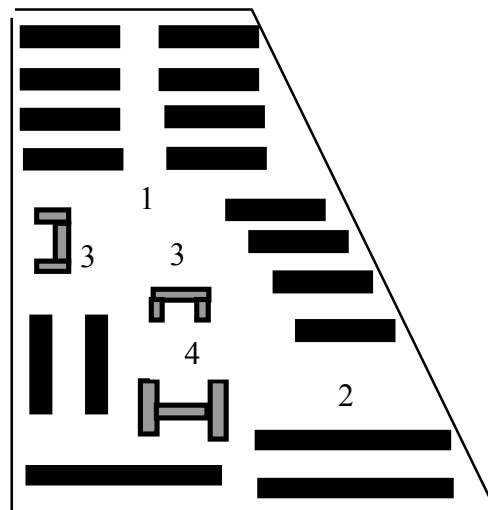
3



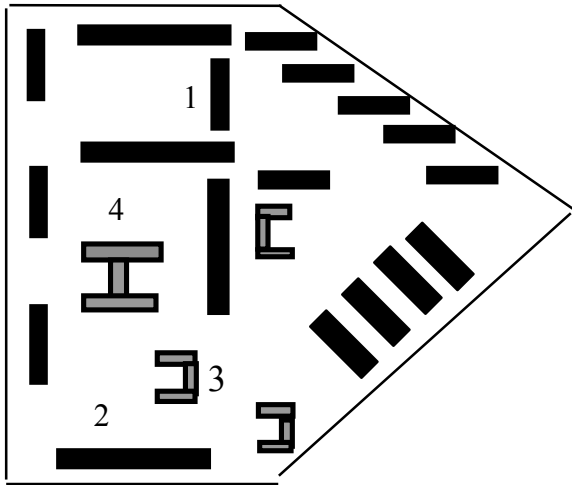
4



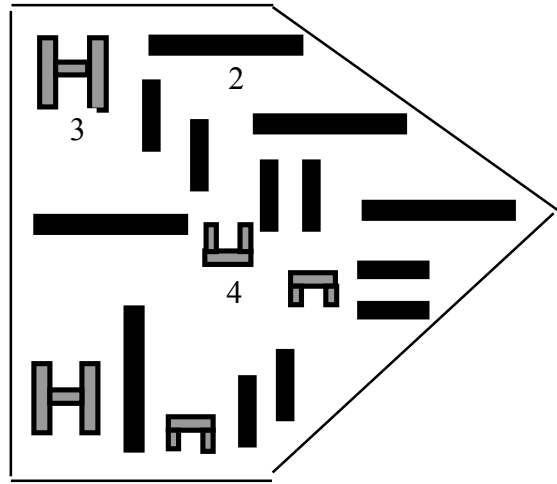
5



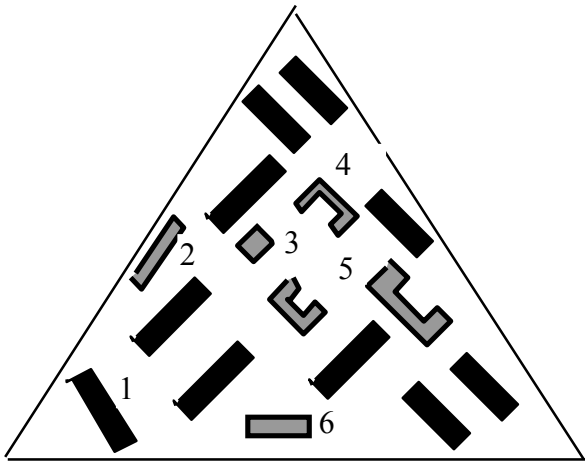
6



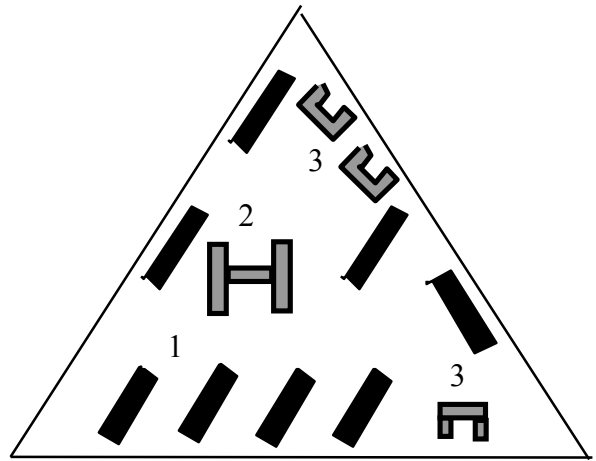
7



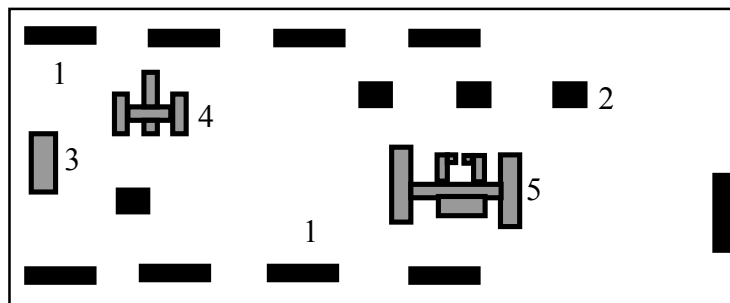
8



9



10



Таблиця Б.1 – Забудова мікрорайонів

№ з/п	Назва будинку	Кількість будинків	Кількість поверхів	Площа забудови одного будинку, м <sup>2</sup>	Житлова площа одного будинку, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
<b>Варіант 1</b>					
1	Житловий будинок	33	4	672	1378
2	Магазин на 28 робочих місць	1	2	240	-
3	Їдальня на 90 посадочних місць із комбінатом побуто-вого обслуговування	1	2	400	-
4	Палац культури із залом на 800 місць	1	2	1150	-
5	Школа на 960 учнів	1	3	2125	-
6	Дитячий садок на 280 місць	2	2	1488	-
7	Магазин на 36 робочих місць	1	1	640	-
8	Житловий будинок	2	9	2400	6040
<b>Варіант 2</b>					
1	Житловий будинок	21	5	921	2427
2	Школа на 920 учнів	1	3	2020	-
3	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	1	2	1050	-
4	Школа на 960 учнів	1	3	2125	-
<b>Варіант 3</b>					
1	Житловий будинок	10	5	921	2427
2	Житловий будинок	7	9	1842	4040
3	Школа на 1496 учнів	1	3	2950	-
4	Дитячий садок - ясла на 280 місць	2	2	1488	-
<b>Варіант 4</b>					
1	Житловий будинок	12	5	921	2427
2	Магазин на 10 робочих місць і комбінат побутового обслуговування	1	2	578	-

**Продовження таблиці Б.1**

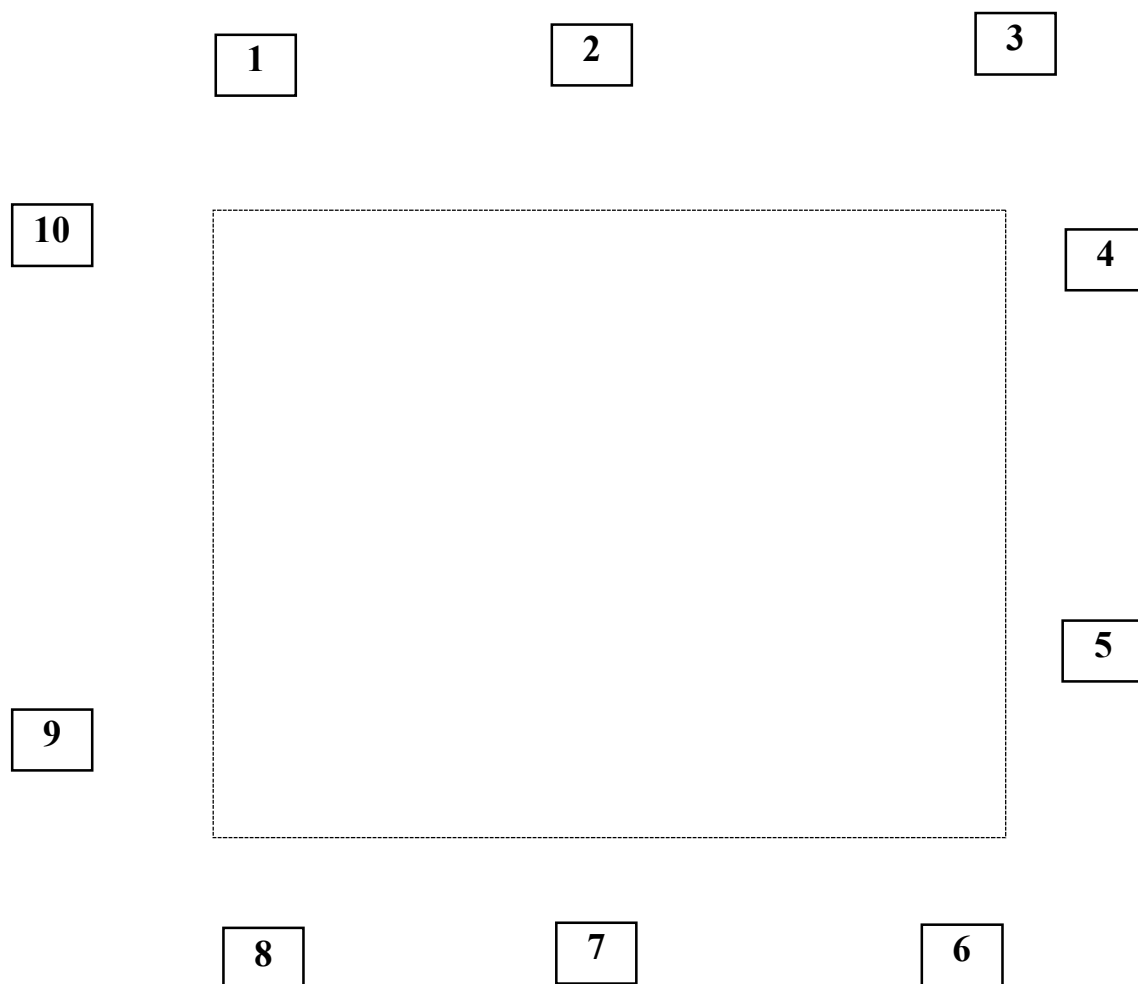
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
3	Дитячий садок-ясла на 135 дітей	3	2	1050	-
4	Школа на 920 учнів	1	3	2020	-
5	Школа на 960 учнів	1	3	2125	-
6	Житловий будинок	2	5	672	1720
<b>Варіант 5</b>					
1	Житловий будинок	14	5	921	2427
2	Житловий будинок	3	9	1842	4040
3	Дитячий садок-ясла на 280 місць	2	2	1488	-
4	Школа на 1496 учнів	1	3	2950	-
<b>Варіант 6</b>					
1	Житловий будинок	14	5	921	2427
2	Житловий будинок	4	9	1842	4040
3	Дитячий садок-ясла на 280 місць	3	2	1488	-
4	Школа на 1104 учня	2	3	2448	-
<b>Варіант 7</b>					
1	Житловий будинок	8	5	921	2427
2	Житловий будинок	5	9	1842	4040
3	Школа на 1104 учня	2	3	2448	-
4	Дитячий садок-ясла на 280 місць	3	2	1488	-
<b>Варіант 8</b>					
1	Житловий будинок	10	4	921	1941
2	Торговий центр на 30 робочих місць	1	2	720	-
3	Ресторан на 100 посадочних місць	1	2	810	-
4	Дитячий садок-ясла на 180 місць	2	2	1250	-
5	Школа на 960 учнів	1	3	2125	-
6	Їдальня на 50 посадочних місць, магазин на 2 робочих місця з комбінатом побутового обслуговування	1	2	680	-

**Продовження таблиці Б.1**

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b><u>Варіант 9</u></b>					
1	Житловий будинок	8	5	921	2427
2	Школа на 1104 учня	1	3	2448	-
3	Дитячий садок-ясла на 140 місць	3	2	1070	-
<b><u>Варіант 10</u></b>					
1	Житловий будинок	9	5	1101	2900
2	Житловий будинок	4	9	398	2023
3	Кінотеатр	1	2	835	-
4	Дитячий садок-ясла на 280 місць	1	2	1248	-
5	Школа на 650 учнів	1	2	2260	-

## Додаток В

### Варіанти місцезнаходження ТЕЦ та рельєф місцевості



**Рисунок В.1 – Місцезнаходження ТЕЦ та рельєф місцевості:**

**1** - місцезнаходження ТЕЦ за варіантом 1;

а,б,в - горизонталі, які характеризують рельєф місцевості;

----- границя генплану району міста



**Таблиця В.1 - Відмітки горизонталей для різних варіантів**

Гори- зонталі	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Відмітки, м									
<b>а</b>	95,00	100,00	130,00	95,00	110,00	100,00	120,00	115,00	110,00	95,00
<b>б</b>	100,00	110,00	125,00	100,00	105,00	110,00	115,00	120,00	105,00	105,00
<b>в</b>	105,00	120,00	120,00	105,00	100,00	120,00	110,00	125,00	100,00	115,00
<b>г</b>	110,00	130,00	115,00	110,00	95,00	120,00	105,00	130,00	95,00	125,00
<b>д</b>	115,00	130,00	110,00	115,00	95,00	110,00	105,00	135,00	90,00	125,00
<b>е</b>	120,00	120,00	105,00	115,00	100,00	100,00	110,00	135,00	95,00	115,00
<b>ж</b>	125,00	110,00	100,00	110,00	105,00	105,00	115,00	130,00	100,00	105,00
<b>з</b>	130,00	100,00	95,00	105,00	110,00	110,00	115,00	125,00	105,00	95,00
<b>и</b>	135,00	90,00	90,00	100,00	115,00	115,00	120,00	120,00	110,00	85,00
<b>к</b>	140,00	80,00	85,00	95,00	120,00	120,00	125,00	115,00	115,00	80,00
<b>л</b>	145,00	70,00	80,00	90,00	125,00	125,00	125,00	120,00	115,00	75,00
<b>м</b>	140,00	75,00	75,00	85,00	120,00	120,00	130,00	115,00	120,00	90,00
<b>н</b>	135,00	80,00	85,00	90,00	125,00	125,00	135,00	110,00	115,00	85,00
<b>о</b>	130,00	90,00	90,00	100,00	130,00	130,00	140,00	100,00	110,00	95,00

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.– М.: Стройиздат, 1983.– 139 с.
- 2 Манюк В.И. и др. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей. – М.: Стройиздат, 1982.-214 с.
- 3 Строй А.Ф., Скальский В.Л. Расчет и проектирование тепловых сетей. - К.: Будивельник, 1981.- 144 с.
- 4 СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети /Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987.-48 с.
- 5 Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / Под ред. А.А. Николаева. - М.: Стройиздат, 1965.-358 с.
- 6 СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий /Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.-56 с.
- 7 Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М.: Энергоиздат, 1982.- 360 с.
- 8 Теплоснабжение: Учебник для вузов/ Под ред. А.А. Ионина.- М.: Стройиздат, 1982.-336 с.
- 9 Копко В.М., Зайцева Н.К. Теплоснабжение (курсовое проектирование). –Минск: Высшая школа, 1985. – 139 с.
- 10 Теплоснабжение: Учебное пособие для вузов/В.Е. Козин,Т.А. Левина и др. – М.: Высш. шк., 1980.-480 с.