

## **Лабораторне заняття 6. Проектування та розміщення теплових мереж та споруд на плані мікрорайону. Визначення витрат теплової енергії**

*Мета лабораторних занять – закріпити лекційний і додатковий матеріал: на фрагменті генплану міста і забудови жилої групи треба зробити вибір оптимального варіанту розміщення інженерних споруд та багатотрубною теплової мережі; визначення витрат теплової енергії на потреби мікрорайону.*

Трасування теплових мереж. Теплові мережі можуть бути, як кільцевими, так і тупиковими. Прокладатись як роздільно, так і сумісно з іншими інженерними мережами. Розподільні теплові мережі Т0(2) прокладають по вулицях міста від джерела до інженерних споруд: при роздільному методі прокладки - під тротуаром; при суміщеному методі прокладки в міському колекторі разом з В1, W1, V0 також під тротуаром.

Розвідні теплові мережі Т0(4) виходять із ЦТП до будинків мікрорайону при роздільному методі прокладки в непрохідних каналах, розташованих у землі, як правило, з боку дворових фасадів, на відстані не менше 2 м від фундаментів будинку, а при безканалній прокладці на відстані не менше 5 м. При суміщеному методі прокладки теплові мережі розміщують у прохідному каналі (мікрорайонному колекторі) під мікрорайонними проїздами або в технічних підпіллях будинків і "зчіпках" між ними.

Ввід Т0(4) і відгалуження при транзитному методі прокладки по технічних підпіллях закінчуються індивідуальним тепловим пунктом (ІТП), в якому відбувається зниження температури теплоносія від 150-130<sup>0</sup>С до 95-105<sup>0</sup>С для подальшої подачі теплоносія в систему опалення будинку. ІТП розміщується в технічних підпіллях будинку. Можлива установка одного ІТП на кілька секцій будинку або одного на весь будинок. При роздільному методі прокладки в місцях відгалужень мережі до будинків установлюють теплові камери із запірною арматурою і контрольно-вимірювальними приладами.



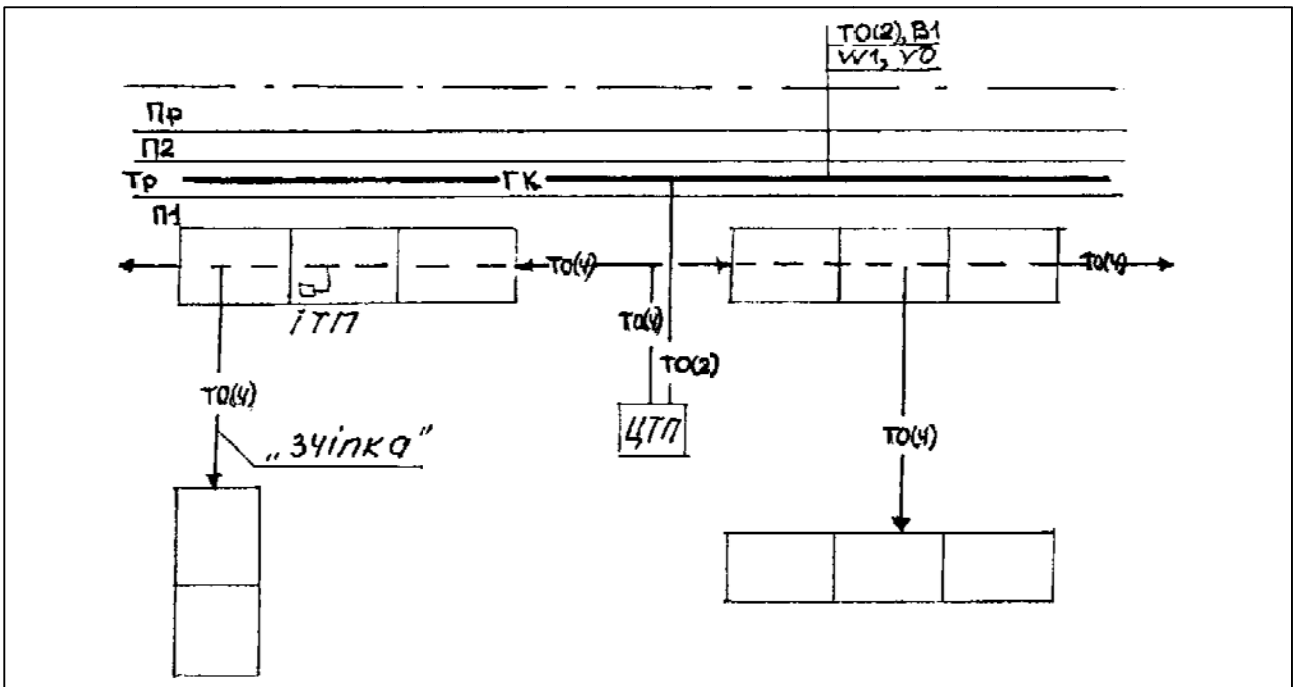


Рисунок 6.3 – Суміщений метод прокладки теплових мереж: Рс - ГК, Рз - технічні підпілля і "зчіпки"

**Розрахунок теплових витрат.** Розрахунок виконується на основі фрагменту генплану мікрорайону з нанесеною схемою теплових мереж від ЦТП до споживачів (ІТП) (Рис. 6.1).

Розрахунок витрат теплоти на потреби **систем опалення** будинків  $Q_{\max}^o$ , Вт, для житлових та громадських будинків:

$$Q_{\max}^o = 0,278 \times V_{\text{зовн.}} \times q_o \times (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}) \times (1 + k_1), \quad \text{або}$$

$$Q_{\max}^o = 1,163 \times V_{\text{зовн.}} \times q_o \times (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}) \times (1 + k_1), \quad (6.1)$$

де – 0,278 при  $q_o$  в  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \times \text{год} \times ^\circ\text{C})$  або 1,163 при  $q_o$  в  $\text{ккал}/(\text{м}^3 \times \text{год} \times ^\circ\text{C})$ ;

$V_{\text{зовн.}}$  – зовнішній об'єм будівлі,  $\text{м}^3$ ;

$q_o$  – питома опалювальна характеристика житлових та громадських будівель,  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \times \text{год} \times ^\circ\text{C})$  або  $\text{ккал}/(\text{м}^3 \times \text{год} \times ^\circ\text{C})$ , для районів з зовнішньою температурою мінус  $30^\circ\text{C}$  [8];

$t_{\text{вн.}}$  – температура внутрішнього повітря в приміщенні,  $^\circ\text{C}$  (таблиця 6.1);

$t_{\text{р.о.}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення,  $^\circ\text{C}$  [8];

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських споруд, дорівнює 0,25.

Таблиця 6.1 – Температура внутрішнього повітря та питома опалювальна характеристика будинків

Призначення будинку	$t_{вн}$ – температура внутрішнього повітря в приміщенні, °С	$q_0$ – питома опалювальна характеристика кДж/(м <sup>3</sup> ×год×°С) (ккал/(м <sup>3</sup> ×год×°С))	Примітки
Житловий будинок	20	За додатком 4	ДБН В.2.2-15:05
Дитячий садок-ясла	22	1,72 (0,41)	ДБН В.2.2-4:97
Учбовий заклад (школа)	18	1,75 (0,42)	ДБН В.2.2-3:97
Магазин продовольчих товарів	14	1,67 (0,4)	ДБН В.2.2-23:09
Магазин непродовольчих товарів	16	1,67 (0,4)	ДБН В.2.2-23:09

Розрахунок витрат теплоти на потреби *систем вентиляції* громадських будинків,  $Q_{\max}^B$ , **Вт**:

$$Q_{\max}^B = 0,278 \times V_{\text{зовн.}} \times q_B \times (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.в.}}) \times k_1 \times k_2 \quad \text{або}$$

$$Q_{\max}^B = 1,163 \times V_{\text{зовн.}} \times q_B \times (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.в.}}) \times k_1 \times k_2, \quad (6.2);$$

де – 0,278 при  $q_B$  в кДж/(м<sup>3</sup>×год×°С) або 1,163 при  $q_B$  в ккал/(м<sup>3</sup>×год×°С);

$V_{\text{зовн.}}$  – зовнішній об'єм будівлі, м<sup>3</sup>;

$q_B$  – питома вентиляційна характеристика громадських будівель та терміном будівництва після 1981 р., кДж/(м<sup>3</sup>×год×°С) (прийняти для школи  $q_B=2,26$  кДж/(м<sup>3</sup>×год×°С) або 0,54 ккал/(м<sup>3</sup>×год×°С), для дитячого садка –  $q_B=0,96$  кДж/(м<sup>3</sup>×год×°С) або 0,23 ккал/(м<sup>3</sup>×год×°С), для торговельного центру (магазину) –  $q_B=3,01$  кДж/(м<sup>3</sup>×год×°С) або 0,72 ккал/(м<sup>3</sup>×год×°С);

$t_{\text{вн}}$  – температура внутрішнього повітря в приміщенні, °С (табл. 6.1);

$t_{\text{р.в.}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для вентиляції, °С [8];

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських споруд, дорівнює **0,25**;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських споруд, дорівнює **0,6**.

Тепловий потік на потреби *систем гарячого водопостачання житлових будинків (другий метод)*:

$$Q_{\text{сп}}^{\text{ГВ}} = q_n \times m, \quad (6.3);$$

де  $q_n$  – питомий показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину відповідно до таблиці 6.2, **Вт/люд**;

$m$  – кількість мешканців, **люд**.

Таблиця 6.2 – Питомий показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання

Середня за опалювальний період норма витрати води при температурі $t=55^{\circ}\text{C}$ на гаряче водопостачання на добу на одну людину, л/доб/люд	Питомий показник середнього теплового потоку на систему гарячого водопостачання (СГВ) на одну людину, Вт, що проживає в будинку		
	з СГВ	з СГВ з урахуванням споживання в громадських будинках	без СГВ з урахуванням споживання в громадських будинках
85	247	320	73
90	259	332	73
105	305	376	73
115	334	407	73

Результати розрахунків заносять до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Показники теплопостачання мікрорайону

№ або адреса будинку в мікрорайоні	наявність центр. СГВ	$V_{н3}$ , м <sup>3</sup>	$m$ , люд. або р, кільк.	$q_o$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \times 200 \times ^\circ\text{C}}$	$q_B$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \times 200 \times ^\circ\text{C}}$	$Q_{\max}^O$ , Вт	$Q_{\max}^B$ , Вт	$Q_{\max}^{GB}$ , Вт	Разом у будинку
1									$Q_1$
2									$Q_2$
3									$Q_3$
4									$Q_4$
5 (школа)									$Q_5$
6									$Q_6$
7									$Q_7$
$Q_{\text{цтп}}$ , Вт									$\Sigma Q$

Максимальний тепловий потік *на гаряче водопостачання*  $Q_{\max}^{GB}$ , Вт, для житлових та громадських будинків:

$$Q_{\max}^{GB} = 2,4 \times Q_{\text{ср}}^{GB} \quad (6.4)$$

Визначення річних витрат на теплопостачання.

$$Q_{\text{річн}}^{\text{ТеплПост}} = 0.278 \times Q_{\text{цтп}} \times (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}) \times n_{\text{о.л.}} \times 24 \times 10^{-6} \text{ ГДж},$$

де  $Q_{\text{цтп}}$  - теплове навантаження мікрорайону, кВт;

# ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ СПОЖИВАЧІВ

## 6.2 Методика визначення максимальних теплових потоків

При проектуванні систем теплопостачання житлового мікрорайону (району) міста сумарний максимальний тепловий потік  $Q_{\max}$  для покриття потреб споживачів складається з максимальних теплових потоків на опалення  $Q_{o.max}^{ж+гр}$ , вентиляцію  $Q$  та гаряче водопостачання  $Q_{гв.max}$  житлових і громадських будинків, що розташовані у мікрорайоні:

$$Q_{\max} = Q_{o.max}^{ж+гр} + Q + Q_{гв.max} \quad (6.5)$$

Визначення максимальних теплових потоків здійснюється за допомогою укрупнених показників, значення яких залежить від характеристики забудови (року будівництва, матеріалу стін, кількості поверхів та ін.), а також розрахункової температури для проектування відповідного виду тепловикористання.

Максимальний тепловий потік на опалення житлових та громадських будівель визначається за формулою:

$$Q_{o.max}^{ж+гр} = q_o^{пл} \cdot A (1 + k_1) \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}, \quad (6.6)$$

де  $q_o^{пл}$  – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення, віднесений до 1 м<sup>2</sup> загальної площі при різних розрахункових температурах і різній кількості поверхів будинків, наведений у табл. 1.1 згідно з даними [1], Вт/м<sup>2</sup>;

$A$  – загальна корисна площа квартир житлових будинків, м<sup>2</sup>;

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських будинків. Згідно з [2] його можна прийняти  $k_1 = 0,25$ .

Величину  $A$  можна визначити, якщо відома площа кварталів  $F_{кв}$ , га, які входять до складу мікрорайону, за формулою:

$$A = F_{кв} \cdot \Pi, \text{ м}^2, \quad (6.7)$$

де  $\Pi$  – густина забудови житлового фонду. Вона залежить від переважаючої поверховості будинків, що розташовані на території кварталу. Для різних

кліматичних зон України може бути визначена за даними ДБН 360-92\* “Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень” [3] (табл. 1.2).

Таблиця 6.4 Значення  $Q_o^{пл}$  при різних температурах для будинків з різною поверховістю, що збудовані після 1985р.

Кількість поверхів	$t_{po}, ^\circ C$	-5	-10	-15	-20	-25	-30
1-2	$Q_o^{пл}, \frac{Вт}{м^2}$	145	152	159	166	173	177
3-4	$Q_o^{пл}, \frac{Вт}{м^2}$	74	80	86	91	97	101
5 і більше	$Q_o^{пл}, \frac{Вт}{м^2}$	65	67	70	73	81	87

**Примітка:**

Величина  $Q_o^{пл}, \frac{Вт}{м^2}$  для проміжних значень  $t_{po}$  визначається методом інтерполяції.

Таблиця 6.5 Густина житлового фонду П,  $м^2/га$

Зона	Поверховість будинків								
	2	3	4	5	6	7	8	9	12
Центр	3300	4100	4600	5300	5600	5900	6200	6600	6900
Південь	3400	4300	4800	5500	5800	6200	6500	6800	7100
Північ	3700	5000	5400	5900	6300	6700	7000	7300	-

**Примітки:**

1. Для будинків з поверховістю більше 12 поверхів = 7500  $м^2/га$  в усіх зонах.
2. Для одноповерхових будинків з присадибними ділянками П = 500  $м^2/га$ .

Максимальний тепловий потік на вентиляцію громадських будинків визначається за формулою:

$$Q_{в. max}^{зр} = k_2 \cdot Q_{о. max}^{жс} = k_2 \cdot q_o^{пл} \cdot A \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}, \quad (6.8)$$

де  $k_2$  – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію, його можна прийняти  $k_2 = 0,15$ .

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських будинків визначається за формулою:

$$Q_{зв. max} = 2,4 Q_{зв. сер}, \text{ МВт}, \quad (6.9)$$

де **2,4** – осереднене значення коефіцієнта погодинної нерівномірності використання гарячої води мешканцями мікрорайону.

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання визначається:

$$Q_{зв.сер} = \frac{1,2 \cdot c \cdot N(g + b)(t_{гр} - t_{хв})}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}, \quad (6.10)$$

де **1,2** – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти у нетеплоізованих внутрішніх трубопроводах системи гарячого водопостачання;

**c = 4,185** кДж/(кг°С) – питома теплоємність води;

**N** – кількість мешканців мікрорайону (кварталу), яка може бути визначена, як:

$$N = A/f_n,$$

де **f<sub>n</sub>** – норма забезпечення загальною площею мешканців будинку, м<sup>2</sup>/чол.;

**g** – норма витрати гарячої води у житлових будинках на одну людину за добу, приймається 105 л/(люд.-діб);

**b** – норма витрати гарячої води у громадських будівлях на одного відвідувача, приймається 25 л/(люд.-діб);

**t<sub>гр</sub>** – розрахункова температура гарячої води, приймається +55°С;

**t<sub>хв</sub>** – розрахункова температура холодної (водопровідної) води, приймається узимку + 5 °С, влітку – + 15 °С.

### Приклад

Визначити максимальні теплові потоки для кварталу №1 м. Києва. При цьому прийняти:

- площу кварталу **F<sub>кв</sub> = 2,1 га**;
- будинки збудовані після 1985 року, а переважаюча поверховість забудови кварталу становить 5 поверхів;
- норму забезпечення загальною площею мешканців прийняти **f<sub>n</sub> = 18 м<sup>2</sup>/чол.**

### **Розв'язок :**

1. Використовуючи дані додатку 1, визначаємо значення розрахункової температури для м. Києва на опалення, яка становить **t<sub>ро</sub> = – 22 °С**.



2. Використовуючи дані табл. 6.4, визначаємо значення укрупненого показника максимального теплового потоку. Він становить  $q_0^{пл} = 75 \text{ Вт/м}^2$ .

3. Використовуючи дані табл. 6.5, визначаємо густину забудови кварталу. Вона становить  $\Pi=5300 \text{ м}^2/\text{га}$ .

4. За формулою (6.7) маємо:

$$A = F_{кв} \cdot \Pi = 2,1 \cdot 5300 = 11130 \text{ м}^2.$$

5. За формулою (6.6) визначаємо максимальний тепловий потік на опалення:

$$Q_{о.мах}^{жс+гр} = q_0^{пл} \cdot A \cdot (1+k_1) \cdot 10^{-6} = 75 \cdot 11130 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6} = 1,04 \text{ МВт}.$$

6. За формулою (6.8) визначаємо максимальний тепловий потік на вентиляцію:

$$Q = k_{г} \cdot q_0^{пл} \cdot A \cdot 10^{-6} = 0,15 \cdot 75 \cdot 11130 \cdot 10^{-6} = 0,125 \text{ МВт}.$$

7. За формулами (6.9-10) визначаємо максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання в опалювальний період:

$$Q_{оп}^{гв.мах} = 2,4 \cdot \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 11130 / 18 \cdot (105 + 25) \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,561 \text{ МВт}.$$

8. За формулою (6.5) максимальний тепловий потік на всі види тепловикористання кварталу буде становити:

$$Q_{мах} = 1,04 + 0,125 + 0,561 = 1,73 \text{ МВт}.$$

Для зручності користування розрахунками їх доцільно звести в таблицю 1.3.

Таблиця 6.6 Максимальні теплові потоки

Номер кварталу	Поверховість	Площа кварталу $F_{кв}$ , га	Густина забудови $\Pi$ , м <sup>2</sup> /га	Загальна корисна площа $A$ , м <sup>2</sup>	Укрупнений показ. $q_0^{пл}$ , Вт/м <sup>2</sup>	Максимальні теплові потоки, МВт			
						На опалення $Q_{о.мах}^{жс+гр}$	На вентиляцію $Q$	На ГВП $Q_{гв.мах}^{оп}$	Сумарний $Q_{мах}$
1	5	2,1	5300	11130	75	1,04	0,125	0,561	1,73

**Завдання.** Визначити максимальні теплові потоки для кварталу м. М. При цьому прийняти:

- площу кварталу  $F_{\text{кв}}$ , га;
- будинки збудовані після 1985 року, а переважаюча поверховість забудови кварталу становить  $n$  поверхів;
- норму забезпечення загальною площею мешканців прийняти  $f$ , м<sup>2</sup>/чол..

	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>М.</i>	<i>Ужгород</i>	<i>Запоріжжя</i>	<i>Львів</i>	<i>Київ</i>	<i>Херсон</i>	<i>Миколаїв</i>	<i>Хмельницький</i>	<i>Тернопіль</i>
<i>F<sub>кв</sub> га</i>	<i>2.5</i>	<i>1.8</i>	<i>3.2</i>	<i>3.0</i>	<i>2.0</i>	<i>1.5</i>	<i>1.2</i>	<i>1.1</i>
<i>n</i>	<i>5</i>	<i>9</i>	<i>12</i>	<i>18</i>	<i>3</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>12</i>
<i>F, м<sup>2</sup>/чол</i>	<i>16</i>	<i>19</i>	<i>22</i>	<i>28</i>	<i>12</i>	<i>20</i>	<i>17</i>	<i>25</i>

### Контрольні питання

1. Що таке система теплопостачання?
2. Які джерела тепла існують в системах теплопостачання?
3. Які системи теплопостачання забезпечують найбільш гігієнічні умови?
4. В якому випадку використовують однотрубні системи теплопостачання?

### Література

1. для студ. вузів. Київ : Либідь, 2001. 368 с.
2. Бойко Х.С. Типи будинків та архітектурні конструкції : навч. посіб. Львів : Політехніка, 2012. 193 с.
3. Деркач І. Л. Міські інженерні мережі : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2006. 97 с.
4. Добровольська О.Г. Світлична В.Б. Санітарно-технічне обладнання будівель : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. 180 с.
5. Жуковський С.С. Вентилювання приміщень : навчальний посібник. Львів : Політехніка, 2007. 475 с.
6. НУВГП, 2011. – 200 с.
7. Константінов Ю. М. Технічна механіка рідини і газу : підручник. Київ : Вища школа, 2002. 358 с.
8. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 Україна 244-94. – 376 с.

## ДОДАТКИ

Додаток 1

Кліматологічні дані для обласних центрів України,  
великих міст

Найменування міст	Розрахункова температура		Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{CP,OP}, ^\circ C$	Тривалість опалювального періоду $N_{OP}$ , діб
	Для опалення $t_{PO}, ^\circ C$	Для вентиляції $t_{PB}, ^\circ C$		
Вінниця	-21	-10	-1,1	189
Дніпропетровськ	-23	-9	-1,0	175
Донецьк	-25	-10,4	-1,8	183
Житомир	-22	-9,4	-0,8	192
Запоріжжя	-22	-8	-0,4	174
Івано-Франківськ	-20	-9	-0,1	184
Київ	-22	-10	-1,1	187
Кіровоград	-21	-9,2	-1,0	180
Луганськ	-25	-10,4	-1,6	180
Луцьк	-20	-8,5	-0,2	187
Львів	-19	-9	-0,2	191
Миколаїв	-20	-7	0,4	165
Одеса	-18	-6	1,0	165
Полтава	-23	-11	-1,9	187
Рівне	-21	-9	-0,5	191
Суми	-24	-12	-2,5	195
Тернопіль	-21	-9	-0,5	190
Харків	-23	-11	-2,1	189
Херсон	-19	-7	0,6	167
Хмельницький	-21	-9	-0,6	191
Черкаси	-22	-9	-1,0	189
Чернігів	-23	-10	-1,7	191
Чернівці	-20	-9	-0,2	179