

**Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Харківська національна академія міського господарства**

**Методичні вказівки
до самостійної роботи та практичних занять
з дисципліни**

«ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ»

*(для студентів 3 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напрямку
6.060101 (0921) «Будівництво» спеціальності «Міське будівництво і
господарство» спеціалізації «Технічне обслуговування, ремонт
і реконструкція будівель»)*

**Харків
ХНАМГ
2011**

Методичні вказівки до самостійної роботи та практичних занять з дисципліни „Теплопостачання та гаряче водопостачання” (для студентів 3 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напряму 6.060101 (0921) „Будівництво” спеціальності «Міське будівництво і господарство» спеціалізації „Технічне обслуговування, ремонт і реконструкція будівель”) / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: О. О. Алексахін, О. В. Бобловський. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 32 с.

Укладачі: О. О. Алексахін,
О. В. Бобловський

Рецензент: доц. В. І. Абелешов

*Рекомендовано кафедрою теплохолодопостачання,
протокол № 7 від 25.06.2010 р.*

1. Зміст дисципліни і контрольні питання за темами

Предметом дисципліни є процеси й обладнання для вироблення, транспортування розподілу і використання теплової енергії у житлово-комунальному секторі господарства, обладнання для приготування і транспортування гарячої води; система організації, управління і контролю заходів з експлуатації основного обладнання систем тепlopостачання та гарячого водопостачання. Основний зміст дисципліни подано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. – Теми і контрольні питання

№ теми	Зміст теми	Література	Контрольні питання
1	2	3	4
Тема 1	Розвиток теплоенергетичного комплексу; види теплоспоживання; графіки витрати теплоти по окремих видах споживання; загальна характеристика систем тепlopостачання.	[1], с. 10-15; [2], с. 3-7; [3], с. 60-65; [4], с. 44-48	1. Вказати, які параметри визначають витрати теплоти на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання. 2. Назвати основні елементи систем централізованого тепlopостачання. 3. Вказати основні переваги й недоліки централізованого тепlopостачання.
Тема 2	Види і характеристики органічного палива. Основні елементи й принципи роботи котлоагрегатів. Тепловий баланс котла.	[3], с. 65-70; [4], с. 48-64; [5], с. 20-29	1. Назвати основні складові органічного палива. 2. Вказати, з яких основних елементів складається конструкція котлоагрегату. 3. Дати характеристику надходженням і витратам теплоти в котельній установці.
Тема 3	Парові й водогрійні котельні. Енергетична ефективність комбінованого виробництва теплової і електричної енергії на ТЕЦ. Сітьові підігрівники.	[3], с. 70-78; [4], с. 64-82	1. Назвати основні елементи водогрійної котельні. 2. Охарактеризувати особливості відпуску теплоти від ТЕЦ. 3. Обґрунтувати переваги комбінованого вироблення теплової і електричної енергії на ТЕЦ у порівнянні з роздільним способом. 4. Вказати, що враховує коефіцієнт теплофікації.

1	2	3	4
Тема 4	Визначення витрат теплоти для теплопостачання району забудови. Побудова графіка теплового навантаження джерела теплоти.	[3], с. 63-65; [4], с. 76-80; [6], с. 298-305; [7], с. 54-61	1. Перелічити види теплоспоживання у населеному пункті. 2. Охарактеризувати зміну сезонних видів теплового навантаження упродовж року. 3. Назвати призначення і принципи побудови графіка теплового навантаження ТЕЦ.
Тема 5	Основні конструктивні елементи теплових мереж	[3], с. 78-87; [4], с. 96-105; [6], с. 165-180; [7], с. 90-101	1. Назвати основні елементи й способи прокладки теплових мереж. 2. Вказати призначення і типи компенсаторів лінійних подовжень. 3. Охарактеризувати типи опор, які застосовують на теплових мережах.
Тема 6	Теплогідроізоляція труб. Теплоізоляційні матеріали. Розрахунок теплової ізоляції теплопроводів.	[4], с. 107-114; [7], с. 107-110; [8], с. 115-134; [9], с. 273-280	1. Перелічити основні вимоги до теплоізоляційних матеріалів. 2. Записати формулу для обчислення загального термічного опору при безканальному прокладанні теплопроводів. 3. Вказати, що враховує додатковий термічний опір при визначенні опору для двотрубних теплових мереж.
Тема 7	Визначення теплових втрат трубопроводами теплових мереж.	[4], с. 106-108; [6], с. 236-243; [7], с. 101-107; [9], с. 280-286	1. Вказати фактори, від яких залежить величина теплових втрат трубопроводами теплової мережі. 2. Записати формулу для визначення охолодження теплоносія на ділянці теплопроводу. 3. Вказати, які втрати теплоти на теплотрасі називають лінійними.

1	2	3	4
Тема 8	Гідравлічний розрахунок теплових мереж. П'єзометричний графік. Види випробувань на теплових мережах.	[3], с. 85-87; [4], с. 110-114, 191-197; [6], с. 206-215; [7], с. 90-101, 123-129; [9], с. 202-206	1. Вказати, з якою метою виконують гідравлічний розрахунок теплових мереж. 2. Назвати фактори, які визначають втрати тиску теплоносієм на ділянці теплотраси. 3. Охарактеризувати структуру номограми для гідравлічного розрахунку теплових мереж. 4. Назвати величини, від яких залежить потужність насосної установки водяних теплових мереж.
Тема 9	Приєднання місцевих систем теплоспоживання до теплових мереж. Обладнання теплових пунктів.	[3], с. 87-93; [4], с. 114-122; [7], с. 135-136; [9], с. 126-148	1. Які схеми приєднання систем опалення до теплових мереж називають незалежними. 2. Назвати переваги й недоліки приєднання систем опалення за допомогою водоструминного елеватора. 3. Які теплові пункти називають індивідуальними й центральними? 4. Перелічити основне обладнання центрального теплового пункту.
Тема 10	Вибір схеми приєднання водопідігрівної установки гарячого водопостачання. Тепловий і гідравлічний розрахунок водопідігрівників.	[3], с. 89-94; [4], с. 142-160; [7], с. 145-159; [9], с. 136-148	1. Назвати основні схеми приєднання теплообмінників гарячого водопостачання до теплових мереж. 2. Вказати переваги двоступінчастих схем приєднання водопідігрівників. 3. Назвати умови застосування схем приєднання водопідігрівних установок.

1	2	3	4
Тема 11	Визначення коефіцієнтів теплопередачі і гідравлічного опору пластинчатих теплообмінних апаратів.	[3], с. 94-95; [4], с. 160-164; [7], с. 160-170; [10], с. 49-60; [2м], с. 22-40	1. Перелічити переваги пластинчатих теплообмінників у порівнянні з кожухотрубчастими. 2. Пояснити причини, які обумовлюють зростання коефіцієнтів теплопередачі для пластинчатих апаратів. 3. Назвати конструктивні елементи, з яких утворено пластинчастий теплообмінник. 4. Перелічити типи пластинчатих теплообмінних апаратів.
Тема 12	Характеристика систем гарячого водопостачання. Графіки споживання гарячої води.	[4], с. 137-151; [6], с. 88-100; [9], с. 51-64	1. Назвати переваги циркуляційних систем гарячого водопостачання у порівнянні з тупиковими. 2. Перелічити фактори, що визначають витрати теплоти на гаряче водопостачання. 3. Назвати елементи обладнання секційних вузлів систем гарячого водопостачання; перелічити переваги їх застосування.
Тема 13	Визначення ємності баків-акумуляторів. Розрахунок ємких водопідігрівників.	[4], с. 140-142; [7], с. 150-151, 165-171; [9], с. 64-67	1. Сформулювати переваги застосування акумулявання гарячої води. 2. Назвати порядок розрахунку ємності бака-акумулятора. 3. Вказати переваги й недоліки ємких теплообмінних апаратів.

1	2	3	4
Тема 14	Гідравлічний розрахунок квартальних мереж гарячого водопостачання.	[4], с. 173-186, 197-202; [6], с. 100-111; [9], с. 80-91; [1м], с. 4-15	1. Сформулювати мету гідравлічного розрахунку мереж гарячого водопостачання. 2. Назвати порядок визначення витрат гарячої води для об'єкта в режимі водорозбору. 3. Вказати, в чому полягає особливість визначення витрати гарячої води для режиму циркуляції у порівнянні з режимом водорозбору. 4. Сформулювати послідовність розрахунку секційного вузла.
Тема 15	Види регулювання відпуску теплоти споживачам. Побудова графіків регулювання.	[4], с. 122-135; [6], с. 111-128; [9], с. 91-117	1. Назвати види регулювання відпуску теплоти. 2. Пояснити характер зміни температури теплоносія в тепловій мережі при якісному регулюванні опалювального навантаження. 3. Вказати, в яких випадках впроваджують регулювання за підвищеним графіком температур.
Тема 16	Засоби і прилади теплотехнічних вимірювань.	[11], с. 509-525; [12], с. 248-265; [13], с. 110-116, 197-203, 347-359, 526-530	1. Назвати основні засоби вимірювання температури. 2. Назвати типи манометрів. 3. Сформулювати принципи вимірювання витрат рідин і газів.

2. Теплопостачання населених пунктів і груп будівель

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Визначення витрат теплоти для теплопостачання району забудови. Побудова графіку теплового навантаження джерела теплопостачання

Мета заняття – для житлового мікрорайону визначити розрахункові витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання; оволодіння навичками побудови інтегрального графіка теплового навантаження котельні й визначення на його основі річної потреби у паливі.

На заняттях студенти повинні ознайомитись з методом розрахунку теплових навантажень за укрупненими показниками залежно від чисельності мешканців і житлової площі. Методика й приклад розрахунків наведені у [1, с. 63-64; 3, с. 99-101].

Річний графік тривалості опалювального навантаження використовують для визначення сумарної кількості теплоти, виробленої котельнею або ТЕЦ, і обчислення на його основі річних витрат палива. Для його побудови необхідні такі дані: максимальні витрати теплоти на опалення приєднаних до джерела теплоти об'єктів теплоспоживання і кліматичні характеристики місцевості (тривалість періоду зовнішніх температур). Наприклад, для умов м. Харкова кількість годин за опалювальний період з середньодобовою температурою, рівною або нижчою, ніж та, що розглядається, наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Кліматичні дані для побудови графіка річного теплового навантаження джерела теплопостачання

Середньодобова температура зовнішнього повітря, °С	-25	-20	-14	-10	-4	0	8
Тривалість періоду з означеною температурою n , годин	9	45	205	398	979	1965	4089

Завдання. Побудувати річний графік тривалості опалювального навантаження. Розрахункове навантаження при температурі зовнішнього повітря $t_{p.o.} = -23$ °С і внутрішній температурі $t_b = 18$ °С становить $Q_{o,max} = 12$ МВт. Кліматичні дані прийняті за табл. 2.1. Визначити річні витрати теплоти на опалення і середнє за опалювальний період теплове навантаження.

Розв'язання. Графік будують у двох квадрантах. У лівому наносять лінії залежності витрат теплоти від зовнішніх температур, у правому – лінію зміни кількості теплоти за рік (у годинах).

Оскільки залежність опалювального навантаження від температури зовнішнього повітря має лінійний характер і визначається рівнянням

$$Q_o = Q_{o,\max} \frac{t_g - t_3}{t_g - t_{p.o.}},$$

для побудови графіка $Q_o=f(t_3)$ достатньо мати дві точки. Одна з них – розрахункове навантаження $Q_{o,\max}$ при температурі зовнішнього повітря $t_{p.o.}$ (точка А). Другу, наприклад, точку М, що відповідає початку опалювального періоду, визначають розрахунком за наведеною вище формулою:

$$Q_m = 12 \cdot \frac{18 - (8)}{18 - (-23)} = 2,93 \text{ Мвт}$$

З'єднуючи точки А і М, будуюмо в лівому квадранті графіка (рис. 2.1) графічну залежність $Q_o=f(t_3)$. Точки для побудови лінії $Q_o=f(n)$ у правому квадранті знаходимо таким чином. Температурі зовнішнього повітря, наприклад, $t_3=-14$ °С на лінії АМ відповідає теплове навантаження, позначене точкою В₁. Згідно з табл. 2.1 тривалість періоду з такою температурою становить 205 годин (точка В₂). На перетині ліній В₁В₃ та В₂В₃ знаходимо точку В₃. Подібним чином визначаємо точки С₃, Д₃, Е₃ та ін. З'єднуючи знайдені точки, отримуємо графік. Площа фігури під лінією АВ₃С₃Д₃Е₃Ф₃ з урахуванням масштабу дорівнює річній потребі в теплоті (Q_o^{pik}). Середнє теплове навантаження за опалювальний період:

$$Q_o^{cp} = \frac{Q_o^{pik}}{n_o},$$

де n_o – тривалість опалювального періоду.

Річні витрати палива джерелом теплоти:

$$g = \frac{Q_o^{pik}}{Q_p^h \cdot \eta_k},$$

де Q_p^h – теплота згоряння палива, η_k – коефіцієнт корисної дії котлів (для газових котлів у розрахунках прийняти $\eta_k=0,9$).

Якщо джерело тепlopостачання здійснює вироблення теплоти не тільки для опалення будівель, у лівій частині графіка наносять відповідні лінії зміни навантаження від температури зовнішнього повітря, будують лінію сумарного теплового навантаження і потім переходять до побудови лінії у правому квадранті. Вигляд графіка для котельні, що здійснює вироблення теплоти для потреб опалення (лінія 1) і гарячого водopостачання (лінія 2) показано на рис. 2.2 (лінія 3 на рис. 2.2 – сумарне теплове навантаження).

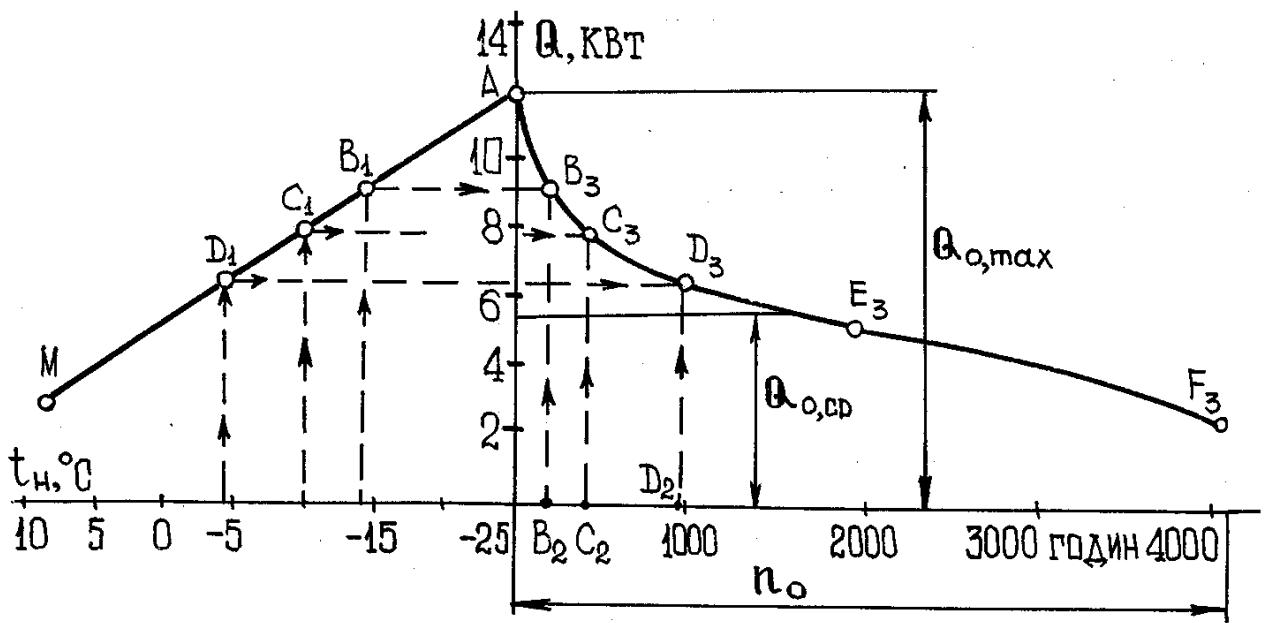


Рис. 2.1 – Графік тривалості опалювального навантаження

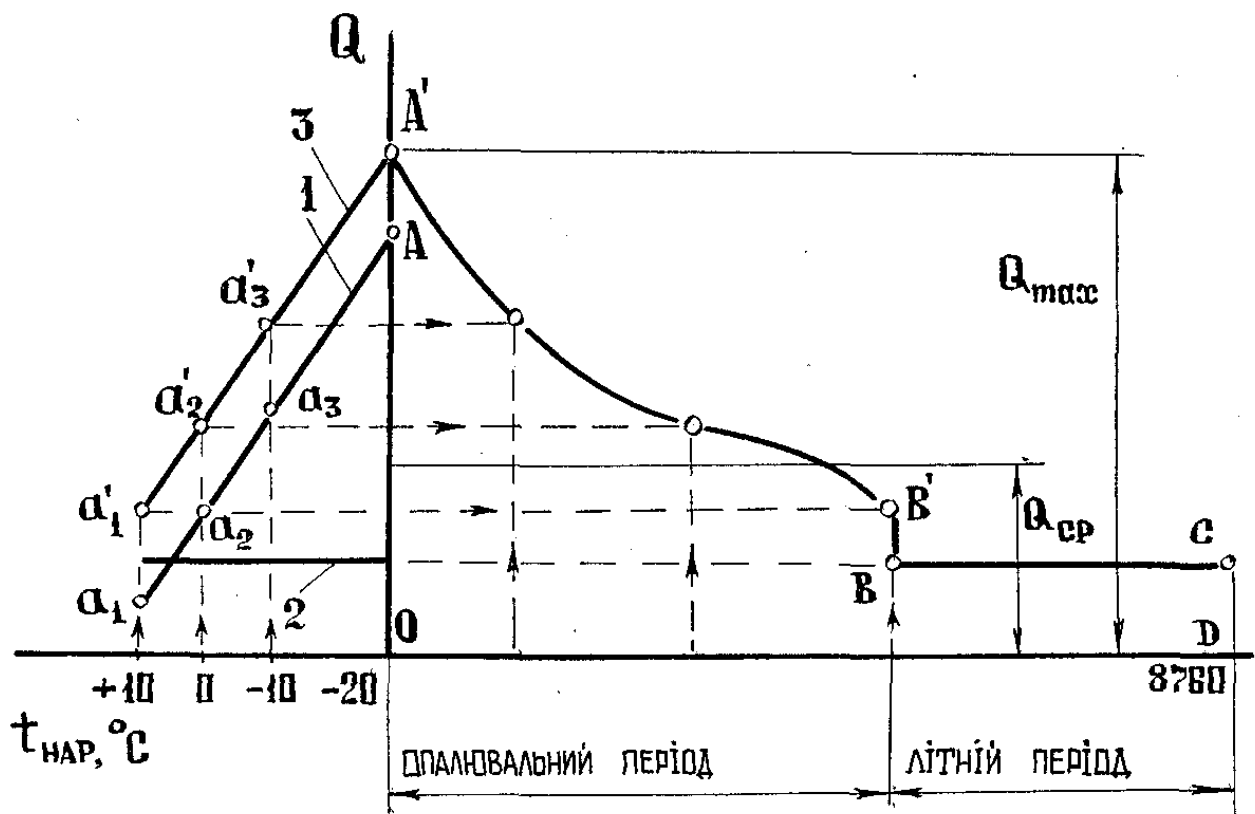


Рис. 2.2 – Графік тривалості теплового навантаження (опалення + гаряче водопостачання)

Контрольні завдання

Завдання 2.1.

Для району забудови (рис. 2.3), кліматичних умов (додаток Б, В) визначити максимальні витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Поверховість житлових будинків прийняти за варіантами згідно з табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Показники забудови

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Поверховість	2	3	4	4	5	5	6	7	8	9

Завдання 2.2.

Прийнявши, що джерелом тепlopостачання мікрорайону є газова водогрійна котельня, необхідно побудувати інтегральний графік теплового навантаження і визначити річні витрати теплоти й річні витрати природного газу для потреб тепlopостачання мікрорайону, прийнявши теплоту згоряння палива за табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Теплотворна здатність газу

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Теплота згоряння палива, МДж/м ³	33,5	35	37	39	41	43	45	47	49	50,2

Література: [1, с. 47, 191-195, 77-79; 3, с. 59-61]

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 Розрахунок теплової ізоляції теплопроводів

Мета заняття – ознайомлення з методикою обчислення товщини шару теплоізоляції при заданій величині теплового потоку.

Прийнята конструкція теплоізоляції повинна забезпечувати задані величини охолодження теплоносія на ділянках мережі, припустиму температуру на поверхні теплоізоляції, величину тепловтрат, не більшу за нормативну.

Потрібну товщину шару ізоляції можна визначити з рівняння

$$\ln d_i/d_3=2\cdot\pi\cdot\lambda_i\cdot R_i, \quad (2.1)$$

де d_i , d_3 – діаметр шару ізоляції і зовнішній діаметр поверхні труби, відповідно; λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ізоляції.

Термічний опір шару ізоляції (R_i) можна визначити як різницю загального опору конструкції (нормативного чи потрібного) й суми термічних опорів шарів конструкції, крім шару ізоляції ($\sum R_{ш}$):

$$R_i = R_H - \sum R_{ш,j} - R_{п}. \quad (2.2)$$

Величину термічного опору окремого шару визначають за формулою

$$R_{ш,і} = 1 / (2 \cdot \pi \cdot \lambda_{ш,і}) \cdot \ln d_1 / d_2, \quad (2.3)$$

де d_2 , d_1 – внутрішній та зовнішній діаметри шару; λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ізоляції.

Термічний опір тепловіддачі з поверхні шару обчислюють за формулою

$$R_{п} = 1 / (\pi \cdot d_{п} \cdot \alpha), \quad (2.4)$$

де $d_{п}$ – діаметр поверхні; α – коефіцієнт тепловіддачі з поверхні.

Контрольні завдання

Завдання 2.3.

Визначити товщину ізоляції теплопроводу для надземного прокладання ділянки діаметром d_3 (табл. 2.4), якщо температура повітря дорівнює t_3 (табл. 2.5). Коефіцієнт тепловіддачі з поверхні ізоляції обчислити для швидкості повітря W (табл. 2.6) за формулою $\alpha = 11,6 + 7\sqrt{W}$. Коефіцієнт теплопровідності матеріалу теплоізоляції прийняти за табл. 2.7. Потрібний термічний опір конструкції ізоляції взяти за табл. 2.8.

Таблиця 2.4 – Зовнішній діаметр трубопроводу

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
d_3 , мм	89	108	133	159	219	273	325	377	426	478

Таблиця 2.5 – Температура зовнішнього повітря

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
t_3 , °C	-4	-2	0	1	2	3	4	5	6	7

Таблиця 2.6 – Швидкість вітру

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
W , м/с	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10

Таблиця 2.7 – Коефіцієнт теплопровідності матеріалу теплоізоляції

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
λ_i , Вт/(м·°C)	0,08	0,075	0,07	0,065	0,06	0,055	0,05	0,047	0,045	0,04

Таблиця 2.8 – Потрібний термічний опір теплопередачі теплоізоляційної конструкції трубопроводу ($R_{п}$)

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$R_{п}$, (м·°C)/Вт	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6

Завдання 2.4

Обчислити товщину теплоізоляційного шару, що має коефіцієнт теплопровідності λ_i (табл. 2.7), необхідну для забезпечення втрат теплоти паропроводом не більше Q (табл. 2.9). Суму термічних опорів тепловіддачі від пари, стінки труби, покривного шару та тепловіддачі до повітря прийняти рівною $0,075$ ($\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$). Довжина паропроводу 1000 м, зовнішній діаметр 325 мм, температура пари дорівнює t_p (табл. 2.10), зовнішнього повітря дорівнює 5 $^\circ\text{C}$

Таблиця 2.9 – Теплові втрати на ділянці теплопроводу

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q , кВт	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95

Таблиця 2.10 – Температура пари в паропроводі

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
t_p , $^\circ\text{C}$	115	120	125	130	135	145	150	155	160	165

Література: [1, с. 106-110; 3, с. 101-110; 4, 5]

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Визначення теплових втрат трубопроводами теплових мереж

Мета заняття – закріплення знань студентів з питань теплового розрахунку теплових мереж.

Ознайомлення з методикою розрахунків здійснюють на прикладі системи теплопостачання житлового мікрорайону, генплан якого з тепловими мережами студенти отримують як вихідні дані (рис. 2.3). Вихідними даними є також діаметри трубопроводів й витрати теплоносія на розрахункових ділянках мережі, спосіб прокладки теплопроводів та конструкція теплоізоляції, температура теплоносія і оточуючого середовища.

Контрольні завдання

Завдання 2.5.

Визначити втрати теплоти подавальним трубопроводом теплових мереж при надземній прокладці, якщо діаметр трубопроводу становить 150 мм, довжина ділянки L , м, температура мережної води 90 $^\circ\text{C}$. Для теплової ізоляції застосований матеріал товщиною δ з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{из}}$ (вихідні дані для варіантів наведені в табл. 2.11, 2.12). Коефіцієнт тепловіддачі для води і зовнішнього повітря прийняти відповідно 500 і 15 $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$. Величину термічного опору матеріалу трубопроводу не враховувати. Термічний опір покривного шару ізоляції прийняти $0,015$ $\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Таблиця 2.11 – Довжина розрахункової ділянки теплової мережі

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
L, м	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500

Таблиця 2.12 – Параметри шару теплоізоляції

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Товщина шару, мм	40	40	40	50	50	50	50	60	60	60
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·°С	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08

Завдання 2.6.

Для фрагменту квартальної мережі, наведеного на рис. 2.3, обчислити втрати теплоти подавальним і зворотним трубопроводами мікрорайонної системи опалення. Лінійні втрати теплоти прийняти за дод. Е, втрати теплоти конструктивними елементами теплових мереж врахувати коефіцієнтом 1,15, діаметри трубопроводів і довжини ділянок мережі прийняти за табл. 2.13.

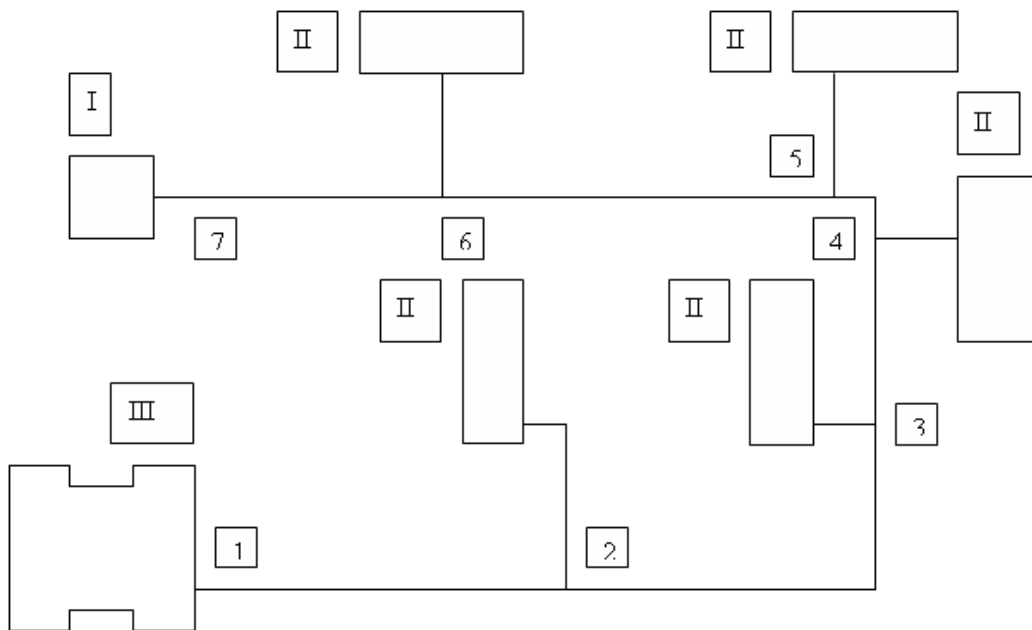


Рис. 2.3 – Схема теплових мереж групи будівель:
 I – теплорозподільна станція; II – житловий будинок;
 III – громадська будівля; 1...7 – розрахункові точки

Таблиця 2.13 – Геометричні характеристики ділянок мережі
(діаметр, мм/довжина, м)

Ділянка	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-2	$\frac{57}{100}$	$\frac{57}{150}$	$\frac{57}{200}$	$\frac{57}{250}$	$\frac{57}{300}$	$\frac{45}{50}$	$\frac{45}{100}$	$\frac{45}{150}$	$\frac{45}{200}$	$\frac{45}{250}$
2-3	$\frac{70}{50}$	$\frac{70}{75}$	$\frac{70}{100}$	$\frac{89}{50}$	$\frac{89}{75}$	$\frac{57}{50}$	$\frac{57}{75}$	$\frac{57}{100}$	$\frac{70}{50}$	$\frac{70}{75}$
3-4	$\frac{89}{50}$	$\frac{89}{100}$	$\frac{89}{150}$	$\frac{108}{50}$	$\frac{108}{150}$	$\frac{70}{100}$	$\frac{70}{90}$	$\frac{70}{80}$	$\frac{89}{70}$	$\frac{89}{60}$
4-5	$\frac{108}{60}$	$\frac{108}{70}$	$\frac{108}{80}$	$\frac{108}{90}$	$\frac{108}{100}$	$\frac{89}{100}$	$\frac{89}{100}$	$\frac{89}{120}$	$\frac{108}{40}$	$\frac{108}{50}$
5-6	$\frac{133}{70}$	$\frac{133}{70}$	$\frac{133}{80}$	$\frac{159}{90}$	$\frac{159}{80}$	$\frac{108}{100}$	$\frac{108}{120}$	$\frac{108}{130}$	$\frac{159}{100}$	$\frac{159}{110}$
6-7	$\frac{159}{30}$	$\frac{159}{40}$	$\frac{219}{30}$	$\frac{219}{40}$	$\frac{219}{70}$	$\frac{133}{30}$	$\frac{159}{30}$	$\frac{133}{40}$	$\frac{219}{50}$	$\frac{219}{60}$

Завдання 2.7.

Для умов завдання 2.6 визначити температуру теплоносія у кінцевій точці подавального трубопроводу (точка 1, рис. 2.3), якщо витрати теплоносія на ділянках змінюються згідно з даними з табл. 2.14. Температуру мережної води на вході в трубопровід прийняти за табл. 2.15.

Таблиця 2.14 – Витрати теплоносія на ділянках мережі (кг/с)

Ділянка	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-2	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55	1,6
2-3	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
3-4	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1
4-5	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8
5-6	5,6	6,0	6,4	6,8	7,2	7,6	8,0	8,4	8,8	9,2
6-7	10,0	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Таблиця 2.15 – Температура мережної води на виході з ТРС
(точка 7, рис. 2.1)

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t_7, ^\circ\text{C}$	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98

Література: [1, с. 106-108; 3, с. 101-110; 4; 5].

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Гідравлічний розрахунок теплових мереж

Мета заняття – оволодіння навичками роботи з номограмами гідравлічного розрахунку; ознайомлення з методикою гідравлічного розрахунку трубопроводів гарячого водопостачання.

При гідравлічному розрахунку мережі одержують відповідь на питання, який діаметр трубопроводу слід передбачати на ділянках і які втрати тиску при цьому мають місце. При розв'язанні завдань слід використати наведені, наприклад, у [1, 2, 6], номограми для гідравлічного розрахунку, які суттєво полегшують обчислення. Мікрорайонну мережу розподіляють на розрахункові ділянки, в межах яких витрати теплоносія залишаються незмінними. Послідовність гідравлічного розрахунку викладена, наприклад, у [1, 6]. Там же подано довідковий та допоміжний матеріали, необхідні при розрахунках.

Контрольні завдання

Завдання 2.8.

За допомогою номограми для гідравлічного розрахунку теплових мереж визначити тиск води в кінці ділянки довжиною 500 м діаметром D (табл. 2.16), якщо тиск води на вході в ділянку дорівнює 80 м вод. ст., а витрати води 10 кг/с. Втрати тиску в місцевих опорах мережі врахувати коефіцієнтом b_m (табл. 2.17).

Таблиця 2.16 – Діаметр трубопроводу на ділянці мережі

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D , мм	100	100	100	125	125	150	150	189	189	219

Таблиця 2.17 – Коефіцієнт втрат тиску у місцевих опорах

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
b_m	0,2	0,25	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3

Завдання 2.9.

Визначити необхідний тиск на виході мережного насосу водогрійної котельні, яка забезпечує вироблення теплової енергії Q (табл. 2.18) для тепlopостачання району міста. Температура теплоносія на вході й виході котельні 150 °С і 70 °С відповідно. Довжину теплотраси L (табл. 2.19), діаметр мережі вважати незмінними на всій довжині і рівним D (табл. 2.20). Втрати тиску у місцевих опорах врахувати коефіцієнтом $b_m=0,2$.

Завдання 2.10.

За допомогою номограми для гідравлічного розрахунку визначити діаметри трубопроводів на ділянках мережі квартальної системи опалення

(рис. 2.3), прийнявши витрати сітьової води згідно табл. 2.14, припустимі питомі втрати тиску ≤ 300 Па/м, а коефіцієнт обліку втрат тиску в місцевих опорах $b_m=0,2$.

Таблиця 2.18 – Теплове навантаження котельні

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q, МВт	62,5	65	67,5	70	72,5	75	77,5	80	82,5	85

Таблиця 2.19 – Довжина теплової мережі

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
L, м	2500	2200	2000	1800	1600	1400	1200	1000	900	800

Таблиця 2.20 – Діаметр теплопроводу

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D, мм	309	359	408	460	514	309	359	408	460	514

Література: [1, с. 173-187; 3, с. 90-101; 4; 7].

3. Системи приготування і розподіл гарячої води для господарсько-побутових потреб

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Вибір схеми приєднання водопідігрівної установки гарячого водопостачання. Тепловий і гідравлічний розрахунки водопідігрівників

Мета заняття – ознайомлення з особливостями роботи різних схем приєднання водопідігрівних установок і методиками розрахунків теплообмінних апаратів системи гарячого водопостачання.

Схему приєднання водопідігрівників гарячого водопостачання у закритих системах тепlopостачання вибирають залежно від співвідношення максимальної кількості теплоти на гаряче водопостачання $Q_{h, \max}$ й максимальної кількості теплоти на опалення $Q_{o, \max}$. Для обраної схеми приєднання водопідігрівної установки до теплових мереж слід виконати розрахунок теплообмінних апаратів для двох варіантів. Перший варіант передбачає встановлення кожухотрубчастих секційних теплообмінників, основні характеристики яких надані в додатку Г. Другий варіант передбачає застосування пластинчастих апаратів. Конструктивні характеристики деяких типів пластин наведені в додатку Д. Порядок підбору кожухотрубчастих апаратів наведено у [1, 6].

Розрахунок пластинчастих теплообмінників розпочинають з вибору типорозміру пластини. При виконанні завдання величину площі теплообміну однієї пластини слід прийняти за варіантами. Порядок розрахунків за методикою „УкрНДІХімаш” подано у [3, 7].

Контрольні завдання

Завдання 3.1.

Визначити схему приєднання і площу поверхні нагріву апаратів водопідігрівної установки гарячого водопостачання при умові, що установку скомпановано на основі кожухотрубчастих водо-водяних теплообмінників. При розрахунках прийняти такі вихідні дані: температура холодної води $t_x=5$ °С, температура гарячої води $t_r=60$ °С, температура гріючого теплоносія (сітьової води) на вході в апарат $t_1=77$ °С, на виході із апарата – 42 °С. Питому теплоємність води в розрахунках прийнятим 4190 Дж/(кг·°С). Максимальні теплові навантаження систем гарячого водопостачання й опалення прийняти за табл. 3.1, 3.2.

Завдання 3.2.

Для умов попереднього завдання визначити площу поверхні пластинчастих теплообмінників, прийнявши площу поверхні однієї пластини за табл. 3.3.

Завдання 3.3.

Порівняти варіанти виконання водопідігрівної установки з кожухотрубчастими і пластинчастими теплообмінними апаратами. Вихідні дані прийняти за табл. 3.1-3.3 і умовами завдання 3.1.

Таблиця 3.1 – Максимальні витрати теплоти на гаряче водопостачання

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$Q_{h, \max}$, МВт	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3

Таблиця 3.2 – Максимальні витрати теплоти на опалення

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$Q_{o, \max}$, МВт	3,5	3,0	2,75	2,5	2,25	2,0	1,75	1,Ю5	1,25	1,0

Таблиця 3.3 – Площа поверхні теплообміну однієї пластини пластинчастого теплообмінника

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Типорозмір	0,3	0,3	0,5М	0,5М	0,5Г	0,5Г	0,63	0,63	V-0,8	V-0,8
F_o , м ²	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,63	0,63	0,8	0,8

Література: [1, с. 151-173; 3, с. 145-172].

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

Визначення ємкості баків-акумуляторів.

Розрахунок ємких водопідігрівників

Мета заняття – ознайомлення з методикою обчислення об'єму баків-акумуляторів для систем гарячого водопостачання і вивчення особливостей теплового розрахунку ємних теплообмінних апаратів.

Розрахунок ємкості баків-акумуляторів гарячої води здійснюють на підставі інтегрального графіку споживання води в системі, який будують, використовуючи добовий графік витрачання гарячої води споживачами. Продуктивність акумулятора гарячої води визначають по найбільшій різниці ординат вироблення і споживання теплоти у системі.

Контрольні завдання

Завдання 3.4.

Визначити ємність баків-акумуляторів гарячої води, прийнявши за табл. 3.4 витрати теплоти на гаряче водопостачання, загальний вигляд добового графіка споживання води – за рис. 5.7 [3].

Завдання 3.5.

Виконати розрахунок параметрів емкого водопідігрівника, призначеного для роботи в системі гарячого водопостачання. Нагрівання води від температури $t_x=5\text{ }^\circ\text{C}$ до $t_r=60\text{ }^\circ\text{C}$ протягом часу $\tau=3$ год. відбувається мережною водою з параметрами $t_1=77\text{ }^\circ\text{C}$, $t_2=42\text{ }^\circ\text{C}$. Витрати мережної води G прийняти за табл. 3.5. Інші дані прийняти за завданням 3.4.

Таблиця 3.4 – Середньогодинні витрати теплоти на гаряче водопостачання за добу найбільшого споживання води (Q , кВт)

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q , кВт	10	12	14	16	18	22	24	26	28	30

Таблиця 3.5 – Витрати мережної води через теплообмінний апарат

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
G , кг/с	0,34	0,38	0,42	0,46	0,5	0,54	0,58	0,62	0,66	0,7

Література: [1, с. 168-173; 3, с. 150-151, 165-171].

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

Гідравлічний розрахунок квартальних мереж гарячого водопостачання

Мета заняття – оволодіння методиками визначення діаметрів подавальних і циркуляційних трубопроводів систем гарячого водопостачання і втрат тиску при русі води у квартальних мережах.

Квартальну мережу попередньо розподіляють на розрахункові ділянки. Гідравлічний розрахунок подавальних трубопроводів виконують у такій послідовності:

- 1) обирають головну гілку мережі;
- 2) визначають питомі втрати тиску на гілці;
- 3) обчислюють витрати гарячої води на ділянках у режимі водорозбору;
- 4) вибирають діаметри трубопроводів головної гілки і визначають фактичні питомі втрати тиску;
- 5) вибирають діаметри трубопроводів відгалужень від головної гілки.

Детально методику викладено, наприклад, у [8]. Максимальні витрати води на ділянках визначають за формулою

$$G=5\alpha g_0. \quad (3.1)$$

Коефіцієнт α для кожної з ділянок мережі знаходять залежно від загальної кількості водорозбірних приладів на ділянці й вірогідності їх дії за таблицями (додаток Г, [8]). Витрати води диктуючим водорозбірним приладом g_0 визначають згідно з нормативними матеріалами.

При відомому тепловому навантаженні ділянок (Q_d) витрати води на ділянках можна обчислити за формулою

$$g_d = Q_d / (c \cdot \Delta t), \quad (3.2)$$

де c – питома теплоємність води; $\Delta t = t_r - t_x$, t_r , t_x – температура гарячої і холодної води, відповідно.

Витрати гарячої води у режимі циркуляції визначають залежно від втрат теплоти подавальними трубопроводами системи (Q_b) та припустимого охолодження гарячої води $\Delta t_{п}$:

$$g_{ц} = Q_b / (c \cdot \Delta t_{п}). \quad (3.3)$$

Потужність електродвигуна для приводу насоса визначають за формулою

$$N = \frac{G \cdot H \cdot g}{1000 \cdot \eta_n}, \text{ кВт}, \quad (3.4)$$

де G – подача (витрати води через насос, кг/с); H – напір (тиск води на виході з насоса, м вод. ст.); g – прискорення вільного падіння; η_n – коефіцієнт корисної дії насоса.

Необхідний напір підвищуючого насоса, який встановлюють на центральному тепловому пункті (кварталу чи мікрорайону), обчислюють з урахуванням втрат тиску в теплообмінниках водопідігрівної установки (ΔP_1), втрат тиску у подавальних трубопроводах квартальної мережі у режимі водорозбору (ΔP_2), напору води на ввіді до будівлі найбільшої висоти H_b

$$H = (\Delta P_1 + \Delta P_2 + H_b) - H_1, \quad (3.5)$$

де H_1 – напір холодної води на ввіді до мікрорайону.

Контрольні завдання

Завдання 3.6.

Визначити припустимі питомі втрати тиску для гілки мережі гарячого водопостачання довжиною 700 м, якщо напір води на вході до гілки 40 м, а потрібний напір на ввіді у найвіддаленішу будівлю на гілці становить 29,5 м. Втрати тиску у місцевих опорах врахувати коефіцієнтом 0,2.

Завдання 3.7.

Для поданої на рис. 2.3 схеми квартальної мережі гарячого водопостачання визначити діаметри трубопроводів на ділянках, якщо витрати теплоти для потреб гарячого водопостачання дорівнюють наведеним у табл. 3.6 величинам, а припустимі питомі втрати тиску дорівнюють $R_{п}$ Па/м.

Таблиця 3.6 – Витрати теплоти будівлями на гаряче водопостачання і припустимі втрати тиску за варіантами, МВт

Споруда	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Житловий будинок	0,15	0,17	0,2	0,22	0,25	0,28	0,3	0,32	0,35	0,4
Громадська будівля	0,07	0,07	0,10	0,10	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25
$R_{п}$ Па/м	40	50	60	40	50	60	40	50	60	40

Завдання 3.8.

Для умов попереднього завдання обчислити втрати тиску подавальними трубопроводами мережі, якщо коефіцієнт обліку втрат тиску в місцевих опорах дорівнює 0,2. Довжину ділянок прийняти за табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Довжина ділянок квартальної мережі гарячого водопостачання

Номер ділянки	Довжина ділянки, м									
	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-2	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
2-3	40	40	40	50	50	50	60	60	60	60
3-4	20	30	40	20	30	40	20	30	40	50
4-5	20	20	20	20	20	30	30	30	30	30
5-6	40	45	50	55	60	70	80	90	95	100
6-7	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65

Завдання 3.9.

Визначити необхідну потужність електродвигуна підвищуючого насосу, якщо максимальні витрати теплоти на гаряче водопостачання дорівнюють 1,1 МВт, втрати тиску на ділянках мережі (рис. 2.3) дорівнюють наведеним у табл. 3.8 величинам, а напір води на ввіді до житлового будинку дорівнює 24,5 м вод. ст., до громадської будівлі 12 м. Коефіцієнт корисної дії насосу дорівнює 0,6. Напір холодної води на ввіді до кварталу прийняти за табл. 3.9.

Таблиця 3.8 – Втрати тиску на ділянках мережі (рис. 2.3)

Номер ділянки	Втрати тиску (кПа) за варіантами									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-2	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
2-3	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8
3-4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
4-5	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24	0,22	0,2
5-6	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
6-7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8

Таблиця 3.9 – Напір холодної води на ввіді до мікрорайону

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Напір води, м вод. ст.	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Завдання 3.10.

Визначити діаметр циркуляційного трубопроводу фрагменту мережі гарячого водопостачання, якщо втрати теплоти трубопроводами мережі дорівнюють 20000 Вт, а припустиме охолодження води становить 8,5 °С. Припустимі втрати тиску прийняти 30 Па/м. При розв'язанні використати номограму для гідралічного розрахунку трубопроводів гарячого водопостачання [8].

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8
Види регулювання відпуску теплоти споживачам.
Побудова графіків регулювання відпуску теплоти

Мета заняття – закріплення теоретичних знань з питань регулювання тепlopостачання, оволодіння навичками побудови графіків, що відповідають якісному регулюванню відпуску теплоти на опалення, та підвищених графіків для регулювання відпуску теплоти за сумісним навантаженням.

Загальний вигляд графіка наведений на рис. 3.1. Побудову графіка розпочинають з нижнього квадранту. За формулою (3.6) обчислюють точки, за якими будують лінію 1:

$$\overline{Q}_o = \frac{t_g - t_3}{t_g - t_{p.o.}}, \quad (3.6)$$

де \overline{Q}_o – відносне опалювальне навантаження, що дорівнює відношенню теплового навантаження при даній температурі зовнішнього повітря t_3 до теплового навантаження при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря $t_{p.o.}$; t_g – температура внутрішнього повітря в приміщенні.

При центральному якісному регулюванні відпуску теплоти для систем опалення залежно від відносного опалювального навантаження для схеми з елеваторами температури мережної води можна визначити за формулами

$$\tau_{1,0} = t_g + \Delta t_o^p \cdot \overline{Q}_o^{0,8} + (\tau_1^p - \tau_2^p - \theta) \overline{Q}_o; \quad (3.7)$$

$$\tau_{2,0} = \tau_1 - (\tau_1^p - \tau_2^p) \overline{Q}_o; \quad (3.8)$$

$$\tau_{3,0} = \tau_2 + \theta \cdot \overline{Q}_o, \quad (3.9)$$

де $\tau_{1,0}$, $\tau_{2,0}$, $\tau_{3,0}$ – температура теплоносія у подавальному, зворотному трубопроводах теплових мереж та після елеватора відповідно; $\Delta t_o^p = 0,5(\tau_1^p + \tau_2^p) - t_{p.o.}$ – перепад температур між середньою температурою води в опалювальному приладі і внутрішнім повітрям у розрахунковому для опалення режимі; $\theta = \tau_3^p - \tau_2^p$ – розрахунковий перепад температур води в системі опалення.

Центральне якісне регулювання за сумісним навантаженням опалення та гарячого водopостачання (рис. 3.2) застосовують при співвідношенні

$$Q_{h,cp} / Q_{o,max} > 0,15, \quad (3.10)$$

де $Q_{h,cp}$ – середні витрати теплоти на гаряче водopостачання; $Q_{o,max}$ – максимальні витрати теплоти на опалення.

Приєднання підігрівників гарячого водopостачання не менш як у 75 % абонентів повинно бути за двоступінчастою послідовною схемою.

Завданням розрахунку підвищеного графіку є визначення перепадів температур мережної води у підігрівниках гарячої води

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = Q_h^B / Q_{o,max} \cdot \Delta \tau_c^p, \quad (3.11)$$

де $Q_h^B = k \cdot Q_{h,cp}$ – балансове навантаження гарячого водопостачання; k – балансовий коефіцієнт (як правило $k=1,2$); $\Delta\tau_c^P$ – розрахункова різниця температур сітрової води за опалювальним графіком ($\Delta\tau_c^P = \tau_1^P - \tau_2^P$).

Допоміжні розрахункові формули мають вигляд

$$\delta_2' = \tau_{02}' - \tau_2' = Q_h^B / Q_{o,max} \cdot (t_{\pi}' - t_x) / (t_r - t_x), \quad (3.12)$$

$$t_{\pi}' = \tau_{02}' - \Delta t_{\pi}, \quad (3.13)$$

$$\delta_1' = \delta - \delta_2', \quad (3.14)$$

$$\delta_2^P = \delta_2' \cdot (\tau_2^P - t_x) / (\tau_2' - t_x). \quad (3.15)$$

Температурні лінії будують, використовуючи відповідні лінії опалювального графіка, за формулами

$$\tau_1 = \tau_{1,0} + \delta_1, \quad (3.16)$$

$$\tau_2 = \tau_{2,0} - \delta_2 \text{ (I інтервал)}, \quad (3.17)$$

$$\tau_2 = \tau_{2,0} - \delta_2^P \text{ (II інтервал)} \quad (3.18)$$

Контрольні завдання

Завдання 3.11.

Побудувати графік якісного регулювання опалювального навантаження для кліматичних умов міста, що наведені у додатку Б. Характеристики розрахункових режимів прийняти за табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Характеристики розрахункових режимів за варіантами

Температура, °C	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Внутрішнього повітря	21	20	19	18	16	15	15	17	18	16
В трубопроводі теплових мереж:										
а) в подавальному τ_1^P	150	150	135	135	110	105	95	140	145	120
б) у зворотному τ_2^P	70	77	70	60	60	60	70	70	70	70
після елеватора τ_3^P	95	105	95	95	95	95	95	95	105	95

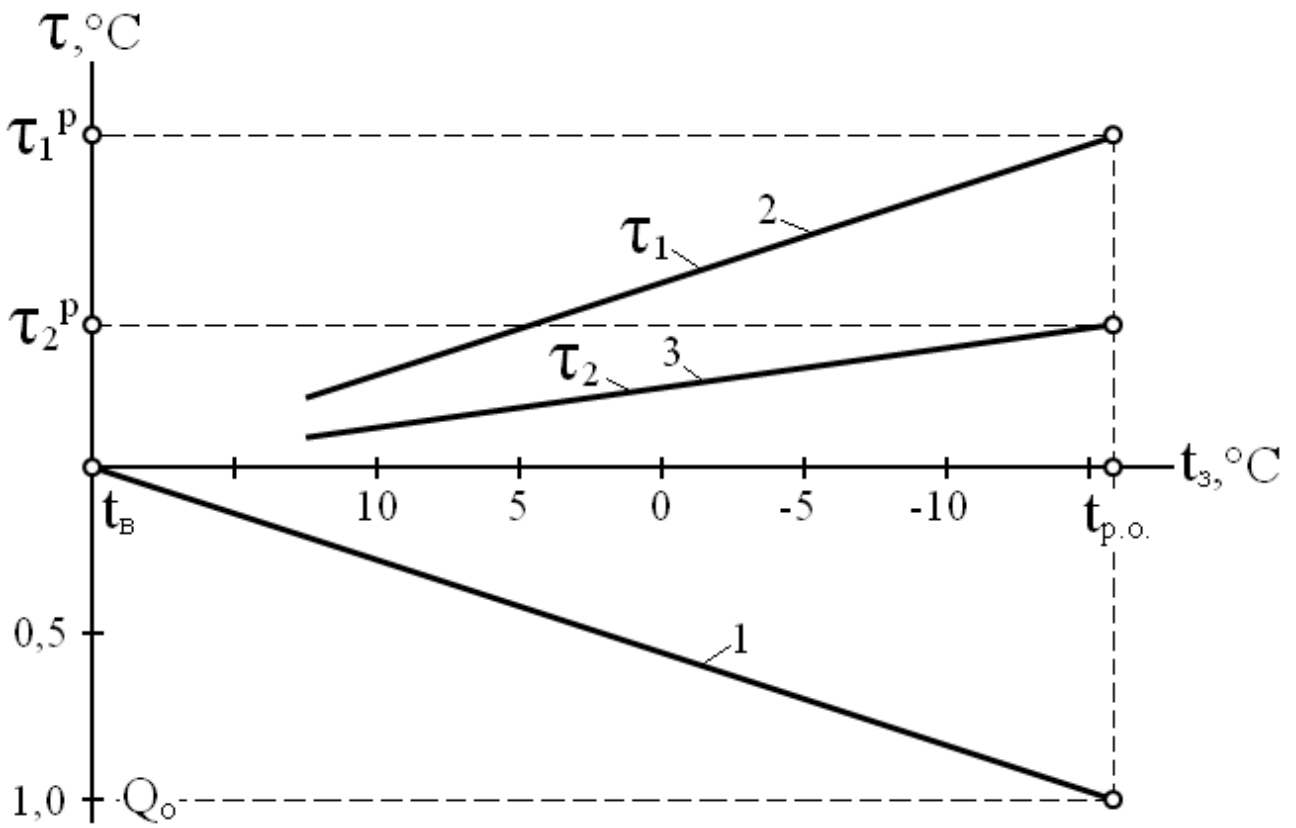


Рис. 3.1 – Графік якісного регулювання опалювального навантаження:
 1 – відносне опалювальне навантаження; τ_1, τ_2 – розрахункові температури в тепловій мережі

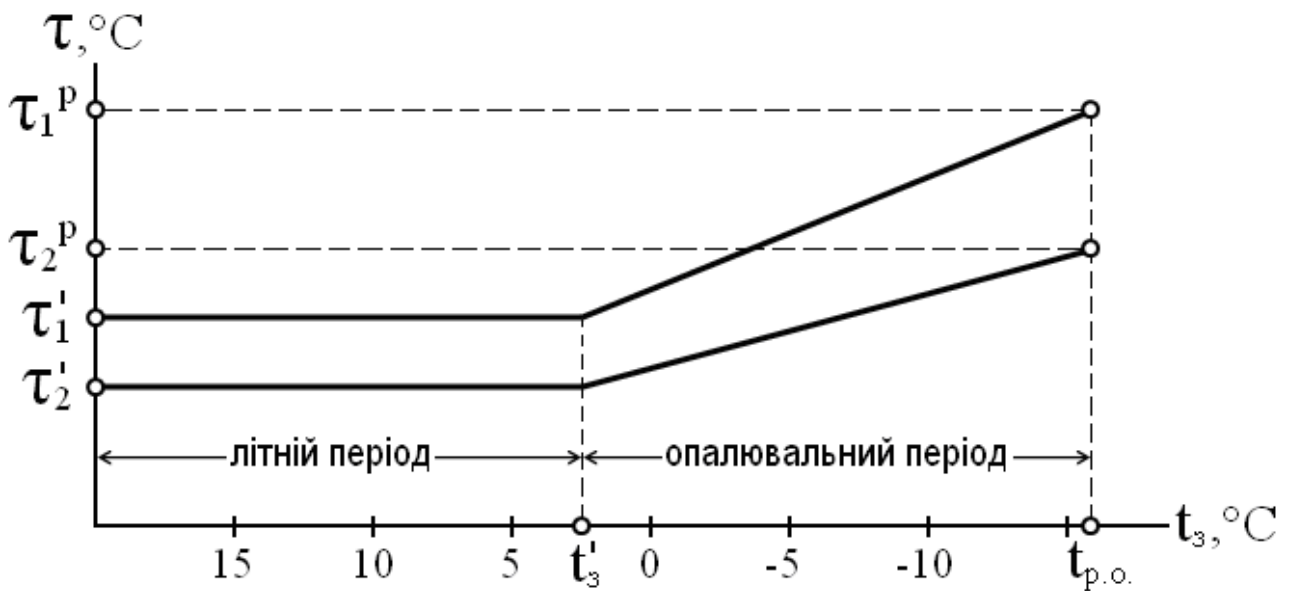


Рис. 3.2 – Графік регулювання за сумісним навантаженням опалення і гарячого водопостачання

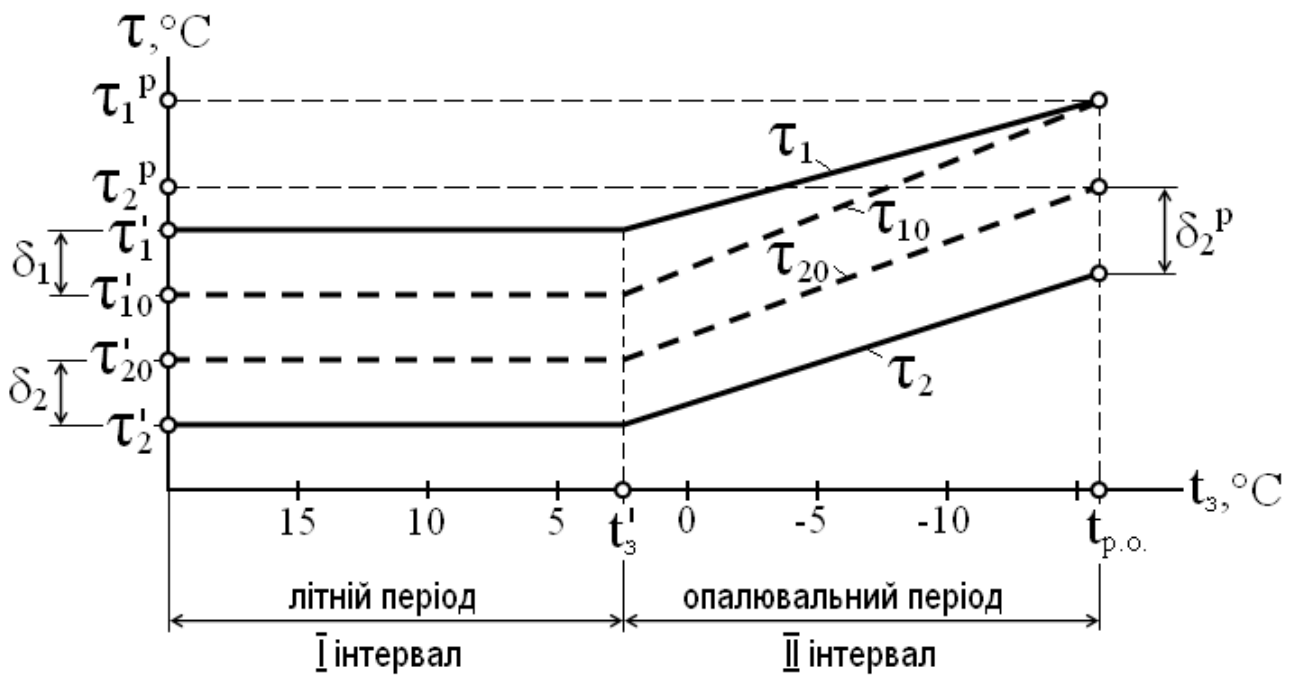


Рис. 3.3 – Побудова підвищеного графіка якісного регулювання теплового навантаження

Завдання 3.12.

Для даних попереднього завдання встановити, чи забезпечать температури теплоносія у подавальному трубопроводі t_n (табл. 3.11) потрібну температуру внутрішнього повітря (табл. 3.10) при температурі зовнішнього повітря t_3 (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 – Вихідні дані до завдання 3.12

Позначення температур, °C	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
t_3	8	5	0	-5	-8	-10	-15	-18	-20	-22
t_n	80	8-0	80	90	90	100	100	110	120	130

Завдання 3.13.

Використовуючи результати побудови графіка регулювання опалювального навантаження (завдання 3.11) побудувати графік регулювання за сумісним навантаженням опалення і гарячого водопостачання, прийнявши при температурі зовнішнього повітря у точці зламу графіка температур t_3 температуру теплоносія у подавальному трубопроводі теплових мереж $70\text{ }^\circ\text{C}$, у зворотному $40\text{ }^\circ\text{C}$.

Таблиця 3.12 – Вихідні дані до побудови температурного графіка (до завдання 3.13)

Величина	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Температура зовнішнього повітря у точці зламу графіка, °С	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0

Завдання 3.14.

Використовуючи результати побудови графіка регулювання (завдання 3.13), побудувати підвищений графік температур води в тепловій мережі прийнявши теплові навантаження за табл. 3.13, а величину недогріву води у теплообмінниках першого ступеня – за табл. 3.14.

Таблиця 3.13 – Середні витрати теплоти на гаряче водопостачання $Q_{h,cp}$ та максимальні на опалення $Q_{o,max}$

Величина, кВт	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$Q_{h,cp}$	500	400	300	200	700	600	500	400	700	600
$Q_{o,max}$	1000	1000	1000	1000	2000	2000	2000	2000	3000	3000

Таблиця 3.14 – Величина недогріву водопровідної води на першому ступені водопідігрівної установки Δt_{II}

Величина	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Δt_{II} , °С	10	9	8	7	6	5	6	7	8	9

Список літератури

1. Шульга М.О., Алексахін О.О. Теплопостачання та гаряче водопостачання. Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2004. – 229 с.
2. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива і теплової енергії на опалення житлових і громадських споруд, а також на господарсько-побутової потреби в Україні. КТМ 204 України 244-94. Керівний матеріал. Київ, 1995. – 636 с.
3. Алексахін О.О., Герасимова О.М. Приклади і розрахунки з теплопостачання та опалення. – Харків: ХДАМГ, 2002. – 206 с.
4. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей/ Под ред. А.А. Николаева. – М.: Стройиздат, 1965. – 359 с.
5. Тепловая изоляция/ Г.Ф. Кузнецов, В.И. Бельский, В.П. Горбачев и др. Под ред. Г.Ф. Кузнецова. – М.: Стройиздат, 1985. – 421 с.
6. Алексахін О.О. Розрахунки мікрорайонних мереж гарячого водопостачання. Методичні вказівки до курсового проекту “Теплопостачання і гаряче водопостачання” (для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання спеціальності 7.092103 - “Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель”). – Харків: ХДАМГ, 2002. – 24 с.
7. Козин В. Е. и др. Теплоснабжение. - М.: Высшая школа, 1980. – 180 с.
8. Алексахін О.О. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи з дисципліни „Теплопостачання і гаряче водопостачання” (для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання спеціальності „Технічне обслуговування, ремонт і реконструкція будівель”). – Харків: ХНАМГ, 2007. – 23 с.

Додатки

Додаток А

Основні співвідношення між одиницями вимірювання деяких величин

Тиск	$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2 = 0,102 \text{ мм вод. ст.} = 1,02 \cdot 10^{-5} \text{ ат (кг/см}^2) = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$
Робота і енергія	$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = 0,239 \text{ кал} = 0,278 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$
Потужність	$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с} = 0,862 \text{ ккал/год}$
Теплоємність	$1 \text{ ккал/(кг} \cdot \text{°C)} = 4,19 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}$
Коефіцієнт теплопровідності	$1 \text{ ккал/(м} \cdot \text{год} \cdot \text{°C)} = 1,163 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$
Коефіцієнт тепловіддачі, теплопередачі	$1 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C)} = 1,163 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$

Додаток Б

Основні кліматичні характеристики деяких міст

№ варіанта	Місто	Температура зовнішнього повітря, °С		Тривалість опалювального періоду, діб
		розрахункова для опалення	середня за опалювальний період	
1	Вінниця	-21	-1,1	189
2	Дніпропетровськ	-24	-1,0	175
3	Львів	-19	0,3	189
4	Одеса	-18	0,8	168
5	Полтава	-22	-1,9	187
6	Севастополь	-11	4,4	137
7	Сімферополь	-16	1,9	158
8	Харків	-23	-2,1	189
9	Ялта	-6	5,2	126

Додаток В

Укрупнений показник максимальних витрат теплоти на опалення житлових будівель [2], q_o , Вт/м²

Етажність забудови	Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення $t_{p.o.}$, °С					
	-5	-10	-15	-20	-25	-30
3-4	90	97	103	111	119	128
5 і більше	65	69	73	75	82	88

Основні характеристики водо-водяних секційних підігрівників.

Номер підігрівника	Зовнішній і внутрішній діаметри корпусу, мм	Кількість труб в секції	Поверхня теплообміну однієї секції довжиною 4м, м ² f_0	Площина для руху теплоносійв, м ²		Еквівалентний діаметр міжтрубного простору d_e	Маса секції, кг
				трубок f_T	міжтрубного простору f_M		
02	57/50	4	0,75	0,00062	0,00116	0,013	45,2
04	76/69	7	1,31	0,0018	0,00233	0,0164	61,6
06	89/82	12	2,24	0,00185	0,00287	0,0188	80,4
10	168/156	37	6,9	0,0057	0,0122	0,0207	114
12	219/207	64	12	0,0099	0,0208	0,0258	322
14	273/259	109	20,3	0,0168	0,0308	0,0196	487
18	377/359	216	40,1	0,0332	0,0578	0,0193	
20	426/408	283	52,5	0,0436	0,079	0,0186	

Конструктивні характеристики пластин

Конструкція апарата	Площа поверхні F_0 , м ² (тип)	Габаритні розміри (довжина, ширина, товщина), мм	Еквівалентний діаметр каналу d_e , м	Площа поперечного перерізу каналу f_0 , м ²	Зазор для руху робочого середовища δ , м	Маса однієї пластини, кг	Діаметр приєднувального штуцера $d_{шт}$, м	Наведена довжина каналу $L_{пр}$, м
Розбірна	0,3	1370x300x1	0,008	0,0011	0,004	3,2	0,065	1,12
	0,5(М)	1370x550x1	0,0095	0,0024	0,005	5,6	0,15	1,0
	0,5(Г)	1370x500x1	0,0091	0,0020	0,0043	6,55	0,15	1,18
	0,63	1370x660x1	0,0074	0,00262	0,0045	6,5	0,2	0,893
Напів-розбірна	0,5(П)	1380x640x1	0,0096	0,003	0,0042	5,5	0,2	0,836
	0,7(П)	1470x470x1	0,0096	0,0022		3,07	0,08	1,46
Нерозбірна	0,8	1370x640x1	0,0093	0,0033	0,0055	12,8	0,3	1,13
	1,0	964x964x1	0,0076	0,00376	0,006	7,3	0,35	1,0

Теплові втрати ізольованих трубопроводів квартальної мережі для різних умов прокладання

Діаметр, мм	Втрати тепла 1 м трубопроводу, Вт/м			
	подавальний		циркуляційний	
	у підвалі	у каналі	у підвалі	у каналі
200	63,34	56,26	51,16	43,85
150	48,72	43,38	42,92	33,756
100	50,11	42,20	40,48	34,68
80	37,12	32,94	29,93	25,64
70	33,18	29,23	26,68	22,85
50	27,14	24,01	21,81	18,68
40	24,13	21,34	19,37	16,59

Зміст

стор.

1. Зміст дисципліни і контрольні питання за темами	3
2. Теплопостачання населених пунктів і груп будівель	8
3. Системи приготування і розподіл гарячої води для господарсько-побутових потреб	18
Список літератури	28
Додатки	29

Навчальне видання

Методичні вказівки до самостійної роботи та практичних занять з дисципліни „**Теплопостачання та гаряче водопостачання**” (для студентів 3 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напряму 6.060101 (0921) „Будівництво” спеціальності «Міське будівництво і господарство» спеціалізації „Технічне обслуговування, ремонт і реконструкція будівель”)

Укладачі: **АЛЕКСАХІН** Олександр Олексійович,
БОБЛОВСЬКИЙ Олександр Володимирович

Відповідальний за випуск *М. О. Шульга*
Редактор *М. З. Аляб'єв*
Комп'ютерне верстання *Є. Г. Панова*

План 2010, поз. 17 М

Підп. до друку 24.06.10
Друк на ризографі
Зам.№

Формат 60x84/1/16
Ум. друк. арк. 1,9
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №4064 від 12.05.2011р.