

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра „Теплотехніка та теплові двигуни”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до самостійної роботи і практичних занять
з дисципліни**

«ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЯ»

Харків – 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни»

14 грудня 2009 р., протокол № 9.

Наведено стислі теоретичні відомості з дисципліни, приклади розв'язання завдань за окремими темами і завдання для роботи на практичних заняттях і самостійної роботи над курсом. У додатках наведені довідкові матеріали, необхідні для розв'язання задач.

Методичні вказівки рекомендуються для студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво» усіх форм навчання.

Укладачі:

доц. О.О. Алексахін,
асистенти О.В. Василенко,
О.В. Гришина,
інж. Т.О. Шкрабиль

Рецензент

доц. В.М. Лялюк

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи і практичних занять
з дисципліни
«Теплогазопостачання і вентиляція»

Відповідальний за випуск Алексахін О.О.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 25.02.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,25. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Українська державна академія залізничного транспорту

Механічний факультет

Кафедра «Теплотехніка та теплові двигуни»

**Методичні вказівки
до самостійної роботи і практичних занять з
дисципліни «Теплогазопостачання і вентиляція»
для студентів усіх форм навчання спеціальності
ПЦБ**

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни» 14 грудня 2009 р., протокол № 9.

Наведено стислі теоретичні відомості з дисципліни, приклади розв'язання завдань за окремими темами і завдання для роботи на практичних заняттях і самостійної роботи над курсом. У додатках наведені довідкові матеріали, необхідні для розв'язання задач.

Методичні вказівки рекомендуються для студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво».

Укладачі:

доц. О.О. Алексахін,
асистенти О.В. Василенко,
О.В. Гришина,
інж. Т.О. Шкрабіль

Рецензент

доц. В.М. Лялюк

ЗМІСТ

1	Теплотехнічні розрахунки огороджувальних конструкцій будівель та обладнання	4
2	Системи створення мікроклімату приміщень різного призначення	18
3	Системи та мережі тепlopостачання та газопостачання	28
	Список літератури	44
	Додатки	45

1 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ

КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА ОБЛАДНАННЯ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1. Визначення величин фактичного, потрібного і нормативного опорів теплопередачі для огорожувальної конструкції

Мета заняття – ознайомлення з методикою обчислення величин термічного опору огорожувальних конструкцій.

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій здійснюється для перевірки придатності їх до експлуатації в заданих кліматичних умовах шляхом порівняння фактичного термічного опору огороження з потрібними і нормативними величинами. При оцінках варіантів виконання огорожень будівель особливу увагу слід звернути на вплив окремих факторів на величину теплового потоку через стіну і ефективність енергозберігаючих заходів.

Величину фактичного термічного опору теплопередачі огороження (рисунок 1.1) визначають за формулою, $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$,

$$R_0 = R_3 + \sum_{i=1}^n R_i + R_{вн}, \quad (1.1)$$

де $R_3, R_{вн}$ - термічний опір тепловіддачі з боку зовнішнього та внутрішнього повітря відповідно, $R_3 = \frac{1}{\alpha_3}$, $R_{вн} = \frac{1}{\alpha_{вн}}$;

$\alpha_3, \alpha_{вн}$ - коефіцієнти теплообміну між повітрям і відповідною поверхнею огорожувальної конструкції
 $\alpha_3 = 23 \text{ Bm} / (m^2 \cdot ^\circ C)$, $\alpha_{вн} = 8,7 \text{ Bm} / (m^2 \cdot ^\circ C)$.

Термічний опір окремого шару огороження обчислюють за формулою

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (1.2)$$

де δ_i - товщина шару;

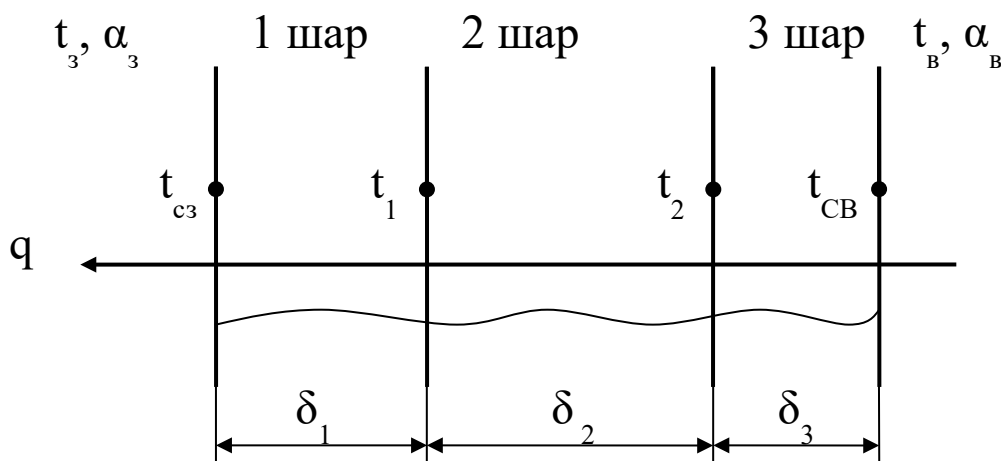
λ_i - коефіцієнт теплопровідності шару (див. [1]).

При теплотехнічному розрахунку конструкції зовнішнього огороження величину потрібного термічного опору обчислюють за формулою, $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$,

$$R_{nom} = \frac{t_в - t_з}{\Delta t^H - \alpha_в} \cdot n, \tag{1.3}$$

- де $t_в$ та $t_з$ - розрахункові температури повітря в приміщенні і зовні;
- n - коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій відносно зовнішнього повітря (для зовнішніх стін $n = 1$);
- Δt^H - температурний перепад між повітрям і внутрішньою поверхнею огороження (див. [1]).

Нормативні значення опору теплопередачі приймають залежно від кількості градусо-днів опалювального періоду, які встановлені залежно від температурної зони України (див. [1]).



δ – товщина шару;
 $t_з, t_в$ – температура зовнішнього і внутрішнього повітря відповідно

Рисунок 1.1 – Розрахункова схема тришарового зовнішнього огороження

П
 Б
 5В
 ГР
 П
 ГР

Г
Л
П
Х
Газ
13
Маг
ІСТ
рал
БНО

Якщо фактичний термічний опір теплопередачі менше потрібного або нормативного значення, необхідно збільшити товщину шарів огорожувальної конструкції або передбачити додатковий шар теплоізоляції. Для обраного матеріалу теплової ізоляції (тобто коефіцієнт теплопровідності ізоляції λ_{i3} відомий) товщину шару ізоляції визначають із рівняння, m ,

$$\delta_{i3} = (R - R_{\text{газ}}^{\text{ГО}}) \cdot \lambda_{i3}, \quad (1.4)$$

де R - потрібне або нормативне значення опору теплопередачі.

При необхідності визначення температури на стиках шарів огороження діють таким чином:

1 Обчислюють питомий тепловий потік через огороження, $Вт/м^2$,

$$q = \frac{1}{R_0} (t_в - t_3), \quad (1.5)$$

де $t_в$, t_3 - температура внутрішнього і зовнішнього повітря відповідно.

2 Обчислюють температури на внутрішній і зовнішній поверхнях стіни, $^{\circ}C$,

$$t_{C,B} = t_B - \frac{q}{\alpha_в}, \quad (1.6)$$

$$t_{C,3} = t_3 + \frac{q}{\alpha_3}. \quad (1.7)$$

3 Температуру на стиках шарів обчислюють з рівняння теплопровідності, записаного для кожного з шарів конструкції, $Вт/м^2$,

$$q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} \cdot (t_1 - t_{c,3}), \quad (1.8)$$

$$q = \frac{\lambda_2}{\delta_2} \cdot (t_2 - t_1), \quad (1.9)$$

або

$$q = \frac{\lambda_3}{\delta_3} \cdot (t_{c,6} - t_2). \quad (1.10)$$

Контрольні завдання

Завдання 1.1

Для конструкції зовнішнього огородження споруди, наведеної на рисунку 1.1, визначити фактичний опір теплопередачі. Коефіцієнт теплопровідності і товщину шарів прийняти за таблицями 1.1 і 1.2, відповідно.

Таблиця 1.1 – Коефіцієнт теплопровідності шарів конструкції зовнішнього огородження (λ) (до рисунка 1.1)

Варіант	$\lambda, \text{ Вт}/(\text{ м} \cdot ^\circ\text{C})$		
	1 шар	2 шар	3 шар
1	0,7	1,9	0,7
2	0,72	1,95	0,75
3	0,74	0,6	0,80
4	0,76	0,65	0,85
5	0,78	0,40	0,9
6	0,8	0,45	0,2
7	0,82	0,50	0,25
8	0,84	0,55	0,3
9	0,86	0,60	0,35

0	0,88	1,85	0,4
---	------	------	-----

Таблиця 1.2 – Товщини шарів конструкції зовнішнього огородження

Варіант	Товщина шару δ , мм		
	1 шар	2 шар	3 шар
1	10	350	10
2	15	300	10
3	20	400	10
4	25	450	10
5	30	500	10
6	30	600	30
7	25	500	30
8	20	450	30
9	15	400	30
0	10	300	30

Завдання 1.2

Використовуючи результати розрахунків завдання 1.1, визначити необхідну товщину додаткового теплоізоляційного шару з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{із}$ (таблиця 1.3) для забезпечення нормативного опору теплопередачі R_n , величина якого подана за варіантами у таблиці 1.4.

Таблиця 1.3 – Коефіцієнт теплопровідності шару теплоізоляції

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\lambda_{із},$ $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	0,085

Таблиця 1.4 – Нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$R_n,$ $\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,8	1,8	2,0	2,0

Завдання 1.3

Для умов завдання 1.1 визначити температуру на стиках шарів огорожувальної конструкції для температур зовнішнього і внутрішнього повітря, поданих у таблиці 1.5 і таблиці 1.6, відповідно

Таблиця 1.5 – Температура зовнішнього повітря

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t_3, ^\circ\text{C}$	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,8	1,8	2,0	2,0

Таблиця 1.6 – Температура повітря у приміщеннях (t_6)

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t_6, ^\circ\text{C}$	15	15	16	16	17	17	18	18	20	20

Завдання 1.4

Для умов завдань 1.1, 1.2, 1.3 обчислити температуру на стиках шарів огороження при умові, що додатковий (четвертий) шар теплоізоляції нанесений на внутрішню поверхню стіни.

Приклад. Обчислити температуру на стиках шарів огороження (рисунок 1.1), якщо температура зовнішнього і внутрішнього повітря дорівнює відповідно -21°C і 20°C , а шари конструкції огороження характеризуються такими параметрами:

$$1\text{-й шар: } \delta_1 = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}; \quad \lambda_1 = 0,06 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$2\text{-й шар: } \delta_2 = 300 \text{ мм} = 0,3 \text{ м}; \quad \lambda_2 = 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$3\text{-й шар: } \delta_3 = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}; \quad \lambda_3 = 0,9 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}).$$

Коефіцієнти теплообміну для внутрішньої та зовнішньої поверхні стіни прийняти рівними

$$\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}); \quad \alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}).$$

Розв'язання.

1 Фактичний опір теплопередачі огороження, $\frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$,

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_6} = \frac{1}{23} + \frac{0,05}{0,06} + \frac{0,3}{1,2} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{1}{8,7} = 1,26 \text{ .}$$

2 Питомий тепловий потік через зовнішнє огороження, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$,

$$q = \frac{1}{R_0} \cdot (t_6 - t_3) = \frac{1}{1,26} \cdot (20 + 21) = 32,5.$$

3 Температура на поверхнях огороження, $^\circ\text{С}$,

$$t_{c,6} = t_6 - \frac{q}{\alpha_6} = 20 - \frac{32,5}{8,7} = 16,26,$$

$$t_{c,3} = t_3 + \frac{q}{\alpha_3} = -21 + \frac{32,5}{23} = -19,5.$$

4 Температура на стиках шарів визначаємо з рівнянь (1.8), (1.9), $^\circ\text{С}$,

$$t_1 = t_{c,3} + \frac{q \cdot \delta_1}{\lambda_1} = -19,6 + \frac{32,5 \cdot 0,05}{0,06} = 7,5,$$

$$t_2 = t_1 + \frac{q \cdot \delta_2}{\lambda_2} = 7,5 + \frac{32,5 \cdot 0,3}{1,2} = 15,6.$$

5 Для перевірки визначення температури t_2 можна скористатися рівнянням (1.10), $^\circ\text{С}$

$$t_2 = t_{c,b} - \frac{q \cdot \delta_3}{\lambda_3} = 16,26 - \frac{32,5 \cdot 0,02}{0,9} = 15,6.$$

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2. Розрахунок теплових втрат приміщенням

Мета заняття – закріплення основних положень теорії теплопередачі огорожувальних конструкцій будівель, ознайомлення з методикою обчислення теплових втрат приміщенням.

Розрахунок теплових втрат для приміщення і будівлі в цілому виконують з метою визначення теплової потужності системи опалення і подальшого підбору опалювальних приладів.

Потік теплоти через огорожувальні конструкції обчислюють для кожного елемента огороження (зовнішні стіни, вікна, перекриття тощо) за формулою, *кВт*,

$$Q_A = \frac{1}{R} \cdot A \cdot (t_g - t_z) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (1.11)$$

де A – розрахункова площа елемента огороження (для зовнішньої стіни величину A обчислюють без врахування площі вікон);

$\sum \beta$ - додаткові втрати теплоти в частинах від основних втрат (приймають рівними 0,05);

n - коефіцієнт, який приймають залежно від положення зовнішньої поверхні огороження відносно зовнішнього повітря (для зовнішніх стін та покриття $n = 1$; для перекриття над неопалюваними підвалами $n = 0,6$; для перекриття горищ $n = 0,75$);

t_g, t_z - температура внутрішнього і зовнішнього повітря;

R - опір теплопередачі огорожувальної конструкції.

Правило визначення втрат теплоти через перекриття для підлоги на ґрунті наведено в [1]. Кількість теплоти Q_B на нагрівання повітря, що надходить у приміщення (інфільтрація), визначають у тому випадку, якщо у приміщенні є хоча б одне вікно або двері у зовнішній стіні, за формулою, *кВт*,

$$Q_B = 0,337 \cdot A_n \cdot h \cdot (t_e - t_3) \cdot 10^{-3}, \quad (1.12)$$

де A_n - площа підлоги приміщення;

h - висота.

Контрольні завдання

Завдання 1.5

Визначити теплові втрати (тепловий потік) через зовнішню стіну розмірами $5 \times 3,5$ м. Температуру зовнішнього і внутрішнього повітря прийняти відповідно за таблицями 1.5 і 1.6, а додаткові втрати теплоти врахувати величиною $\sum \beta = 0,05$. Значення термічного опору теплопередачі подані у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Термічний опір теплопередачі огорожувальної конструкції

Найменування огорожувальної конструкції	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Зовнішні стіни	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Перекрыття горищ	3,0	2,95	2,8	2,75	2,7	2,65	2,6	2,55	2,5	2,45
Вікна	0,6	0,5	0,4	0,3	0,6	0,5	0,4	0,3	0,6	0,5

Завдання 1.6

Обчислити тепловий потік через перекрыття над горищем, прийнявши значення температур повітря за таблицями 1.5, 1.6, а термічний опір теплопередачі – за таблицею 1.7. Додаткові втрати теплоти врахувати величиною $\sum \beta = 0,05$.

Завдання 1.7

Визначити теплові втрати приміщення, геометричні розміри якого подані у таблиці 1.8 при умові, що дві стіни приміщення –

зовнішні і на одній з них є вікно розміром 1400×1600 мм. Термічний опір теплопередачі конструкцій прийняти за таблицею 1.7.

Таблиця 1.8 – Характеристики приміщень

Геометричний розмір, м	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ширина	6,0	5,5	5,2	5,0	4,5	4,2	4,0	3,5	3,5	7,0
Довжина	6,0	6,0	6,0	6,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,5	7,0
Висота	3,3	3,3	2,8	2,8	3,1	3,1	3,5	3,5	3,0	3,0

Завдання 1.8

Для вихідних даних завдання 1.7 обчислити, як зміниться величина теплових втрат приміщенням, якщо на зовнішню поверхню зовнішніх стін нанести шар додаткової теплоізоляції товщиною 40 мм, виготовлену з матеріалу, що має коефіцієнт теплопровідності 0,06 Вт/(м·°С).

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3. Тепловий і гідромеханічний розрахунок рекуперативного теплообмінного апарата

Мета заняття – закріплення знань з теорії теплопередачі, побудови та принципів роботи теплообмінних апаратів, оволодіння методикою розрахунку рекуперативних теплообмінників.

Теплообмінні апарати в системах тепlopостачання використовують для приєднання до теплових мереж систем гарячого водopостачання і незалежного приєднання систем опалення. Побудову та особливості конструкцій таких видів рекуперативних теплообмінників, як кожухотрубні та пластинчасті, розглянуто в [2, 3]. При теплових розрахунках теплообмінників використовують рівняння теплового балансу для гріючого середовища (1.13), для речовини, що нагрівається (1.14), і рівняння теплопередачі (1.15). При конструктивному розрахунку з рівняння (1.15) обчислюють необхідну площу поверхні теплообміну з подальшим визначенням

геометричних характеристик апарата (кількість секцій, кількість пластин тощо). У перевірних розрахунках при відомих конструктивних показниках теплообмінника (тобто площі поверхні теплообміну) визначають або теплову продуктивність апарата, або температуру середовищ на виході з теплообмінника

$$Q = G_1 \cdot C_1 \cdot (t'_1 - t''_1), \quad (1.13)$$

$$Q = G_2 \cdot C_2 \cdot (t'_2 - t''_2), \quad (1.14)$$

$$Q = k \cdot F \cdot \overline{\Delta t}, \quad (1.15)$$

де Q - кількість теплоти, якою в апараті обмінюються середовища;
 G_1, G_2 - витрати середовищ;
 C_1, C_2 - питома теплоємність середовищ;
 t'_1, t''_1 - температура гріючого середовища на вході й виході апарата відповідно;
 t'_2, t''_2 - те саме для речовини, що нагрівається;
 k - коефіцієнт теплопередачі;
 F - площа поверхні теплообміну.

Середню логарифмічну різницю температур середовищ обчислюють за формулою

$$\overline{\Delta t} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln \left(\frac{\Delta t_B}{\Delta t_M} \right)}, \quad (1.16)$$

де $\Delta t_B, \Delta t_M$ - більша та менша різниці температур в апараті (див. рисунок 1.2).

При відомій площі однієї секції (f_0) секційних апаратів кількість секцій визначають за формулою

$$n = \frac{F}{f_0}. \quad (1.17)$$

Втрата тиску при русі води у каналах водо-водяного кожухотрубного теплообмінного апарата визначають за формулами:

- для води, що рухається у міжтрубному просторі апарата, *кПа*

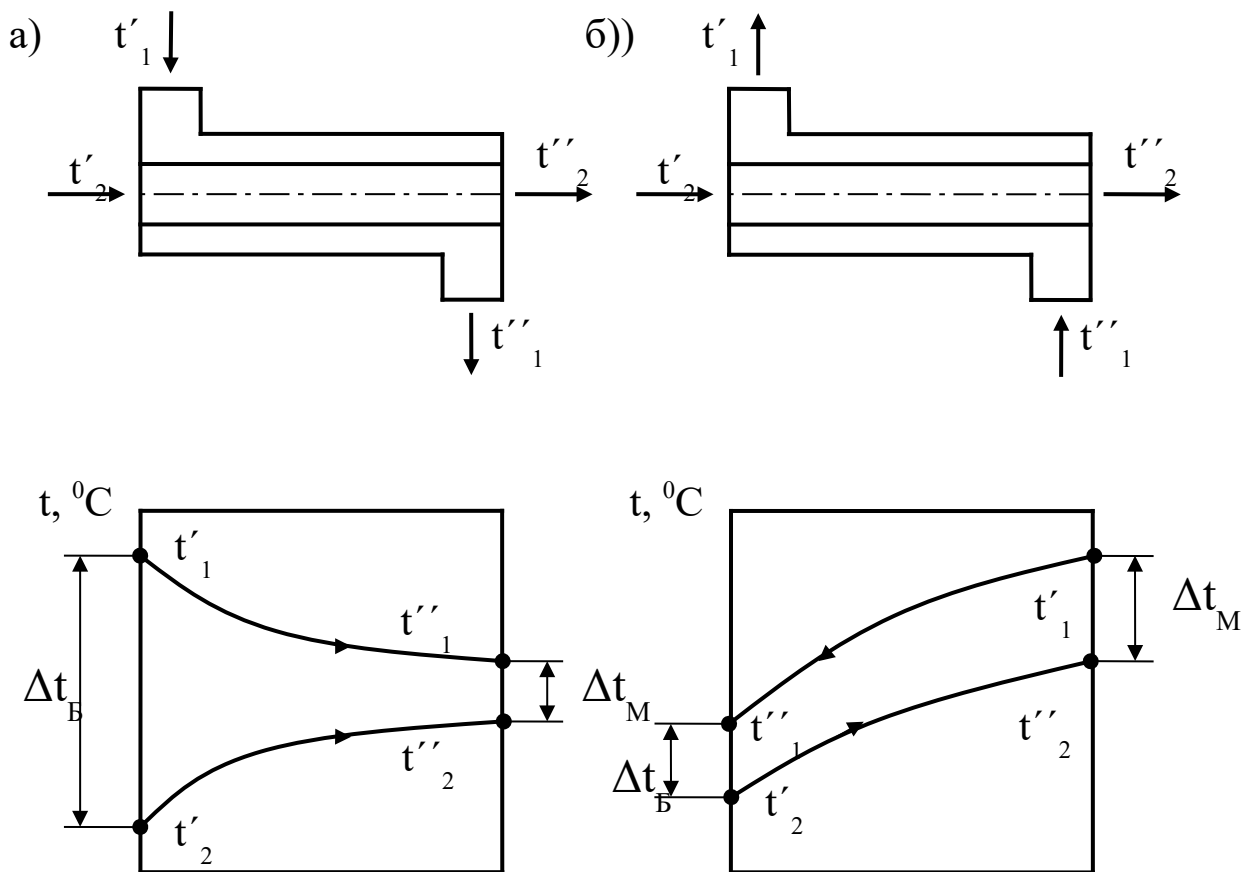
$$\Delta P_m = 2,5 \cdot \omega_m^2 \cdot n, \text{ кПа}, \quad (1.18)$$

- для води, що рухається у трубках, *кПа*

$$\Delta P_m = 7,5 \cdot \omega_m^2 \cdot n, \text{ кПа}, \quad (1.19)$$

де ω_m, ω_m - відповідно швидкість води у міжтрубному просторі та трубках;

n - кількість секцій апарата.



а) - прямотечія; б) – протитечія

Рисунок 1.2 – Схема руху та зміна температур середовищ у теплообмінному апараті

Конструктивні характеристики секції кожухотрубного водопідігрівника подані у додатку А.

Контрольні завдання

Завдання 1.9

Визначити площу нагріву та кількість секцій водо-водяного теплообмінника типу «труба в трубі». Гріюча вода рухається через внутрішню сталеву трубу, її температура на вході дорівнює t'_1 , а її витрати - G_1 . Вода, що рухається за протитечійною схемою в зазорі між трубами, нагрівається від t'_2 до t''_2 , її витрати становлять G_2 . Коефіцієнт теплопередачі прийняти рівним $700 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Інші вихідні дані подані у таблицях 1.9, 1.10. Площу поверхні однієї секції прийняти рівною 2 м^2 .

Таблиця 1.9 – Температура середовищ за варіантами

Температура, °C	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
гріючої води на вході в апарат t'_2	42	42	42	77	77	77	77	120	130	150
води, що нагрівається:										
- на вході t'_1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35
- на виході t''_1	25	30	35	55	60	25	30	60	60	60

Таблиця 1.10 – Витрати середовищ

Витрати води, кг/с	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
гріючої води, G_2	42	42	42	77	77	77	77	120	130	150

води, що нагрівається G_1	10	5	5	10	20	25	30	5	15	25
--------------------------------	----	---	---	----	----	----	----	---	----	----

Завдання 1.10

Для умов попереднього завдання визначити площу поверхні теплообмінника за проточною схемою руху середовищ. Порівняти результати розрахунків.

Завдання 1.11

Обчислити величину коефіцієнта теплопередачі через стінку пластинчастого теплообмінного апарата, виготовленого з нержавіючої сталі, коефіцієнт теплопровідності якої становить $\lambda_{ст}$. Товщина стінки пластини дорівнює δ (таблиця 1.11), коефіцієнт тепловіддачі по гріючому та «холодному» середовищу становить відповідно α_1 та α_2 (таблиця 1.12).

Таблиця 1.11 – Параметри стінки пластинчастого апарата

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Товщина стінки, δ , мм	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{ст}$, Вт/(м·°С)	16	20	16	19	17	20	17	20	16	21

Таблиця 1.12 – Коефіцієнт тепловіддачі

Коефіцієнт тепловіддачі, $Вт/(м \cdot ^\circ C)$	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

для гріючого середовища, α_1	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000
для холодного середовища, α_2	10000	10000	10000	5000	5000	5000	15000	15000	15000	15000

Завдання 1.12

Для кожухотрубного теплообмінного апарата обчислити теплову продуктивність, якщо його теплообмінна поверхня складена з латунних ($\lambda = 60 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$) трубок діаметром 14/16 мм, довжиною 2 м. Кількість трубок 50. Коефіцієнти теплообміну для середовищ дорівнюють $\alpha_1 = \alpha_2 = 1000 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{С)}$. Холодне середовище в апараті нагрівається від 5°С до 30°С , а температура гріючого середовища знижується від 77°С до 42°С . Схема руху середовищ – протитечія.

Завдання 1.13

Обчислити температуру води, до якої вона нагрівається у теплообміннику, якщо витрати її 5 кг/с, а температура на вході 20°С . Параметри гріючої води: витрати 10 кг/с, температура на вході в апарат 80°С , на виході 40°С .

2 СИСТЕМИ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4. Підбір опалювальних приладів для приміщень

Мета заняття – закріплення знань принципів побудови і розрахунку систем опалення.

Підбір поверхні теплообміну опалювальних приладів здійснюють на основі теплового балансу для кожного опалюваного приміщення

$$Q_{np} = Q_A + Q_B + Q_{вн} - 0,9 \cdot Q_{тр} - Q_{зн}, \quad (2.1)$$

де $Q_{вн}$ - втрати теплоти через внутрішні стінки, що відділяють приміщення, для якого обчислюють теплову потужність опалювальних приладів (Q_{np});

$Q_{тр}$ - тепловий потік від неізолюваних трубопроводів опалення, що прокладені у приміщенні (Питома тепловіддача неізолюваних труб подана у додатку Б);

$Q_{зн}$ - тепловий потік, що регулярно надходить у приміщення від освітлення, електричних приладів, обладнання тощо.

При обчисленні теплової потужності опалювальних приладів житлових і громадських будівель величину $Q_{зн}$ враховувати не треба.

Величини Q_A і Q_B обчислюють за формулами (1.11) і (1.12).

Теплове навантаження стояка $Q_{ст}$ опалювальної системи будівлі обчислюють як суму потужностей приєднаних до цього стояка опалювальних приладів. Витрати теплоносія через стояк визначають за формулою

$$G_{ст} = \frac{Q_{ст}}{C \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (2.2)$$

де τ_1, τ_2 - температура теплоносія на вході у стояк й на виході з нього;
 C - питома теплоємність теплоносія.

Контрольні завдання

Завдання 2.1

Обчислити теплову потужність опалювальних приладів для обігріву приміщення, розташованого на останньому поверсі житлового будинку, якщо термічний опір теплопередачі для

зовнішньої стіни і перекриття над стелею становить відповідно 2,0 і 2,7 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, а висота, ширина і довжина приміщення $3 \times 4 \times 6$ м. Площа вікна і його термічний опір дорівнюють 2,6 м^2 і 0,5 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Загальна довжина неізольованих трубопроводів діаметром 32 мм, що прокладені у приміщенні, становить 4,2 м. Температура внутрішнього і зовнішнього повітря дорівнює відповідно 20°C і -23°C .

Завдання 2.2

Визначити, як у порівнянні із завданням 2.1 зміниться теплова потужність опалювальних приладів для приміщення, якщо на зовнішню поверхню стіни нанесений додатковий шар теплоізоляції з термічним опором 1 $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Інші дані для обчислень прийняти за завданням 2.1.

Завдання 2.3

Для умов завдання 2.1 обчислити витрати гріючої води, якщо температура води на вході в опалювальний прилад становить 95°C , а на виході 70°C .

Завдання 2.4

Використовуючи вихідні дані завдання 2.3 і результати обчислень за завданням 2.1, визначити кількість секцій радіатора М140А при площі однієї секції $f = 0,254 \text{ м}^2$, якщо коефіцієнт теплопередачі радіатора становить $10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Завдання 2.5

Обчислити витрати води через стояк системи опалення, показаний на рисунку 2.1, якщо потреба в теплоті для приміщень дорівнює поданій у таблиці 2.1 величині, а розрахункова температура води у подавальному і зворотному трубопроводах

дорівнює відповідно 105°C і 70°C .

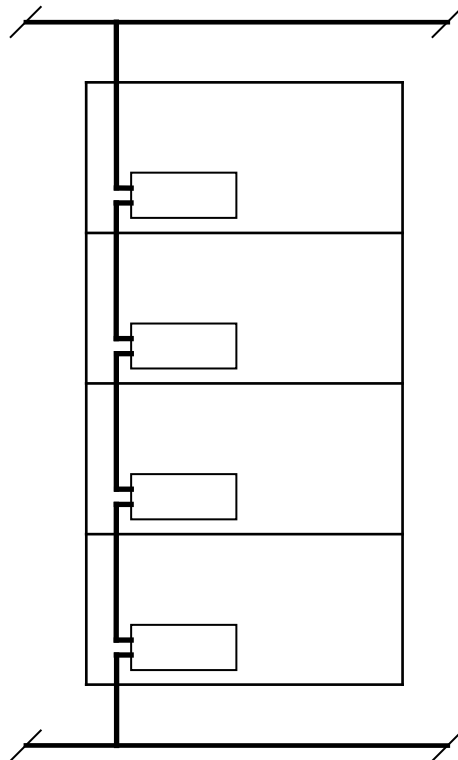


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема фрагмента системи опалення

Таблиця 2.1 – Теплові навантаження приміщень

Номер поверху	1	2	3	4
Теплове навантаження, кВт	2,1	1,9	1,9	2,3

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5. Визначення параметрів повітря за допомогою $(i-d)$ діаграми. Побудова процесів тепловологісного стану повітря

Мета заняття – закріплення теоретичних знань з питань властивостей вологого повітря, оволодіння навичками роботи з $(i-d)$ - діаграмою вологого повітря.

На занятті розглядається структура $(i-d)$ - діаграми (див. додаток В), знаходження в полі діаграми точок, що характеризують стан повітря, принципи побудови елементарних процесів зміни тепловологісного стану повітря, правила визначення параметрів повітря в типових випадках.

На площині $(i-d)$ - діаграми нанесені лінії рівного вологовмісту (d), рівної ентальпії (i), рівної відносної вологості (φ), ізотерми (лінії незмінної температури t). При відомих двох із названих величин, що характеризують стан вологого повітря, у точці перетину відповідних ліній можна визначити всі інші. Важливими параметрами вологого повітря є такі, як наприклад, температура мокрого термометра і температура точки роси.

Температурою мокрого термометра (t_m) повітря даного стану називають температуру насиченого повітря (тобто при $\varphi = 100\%$), визначену при $i = \text{const}$ (рисунок 2.2).

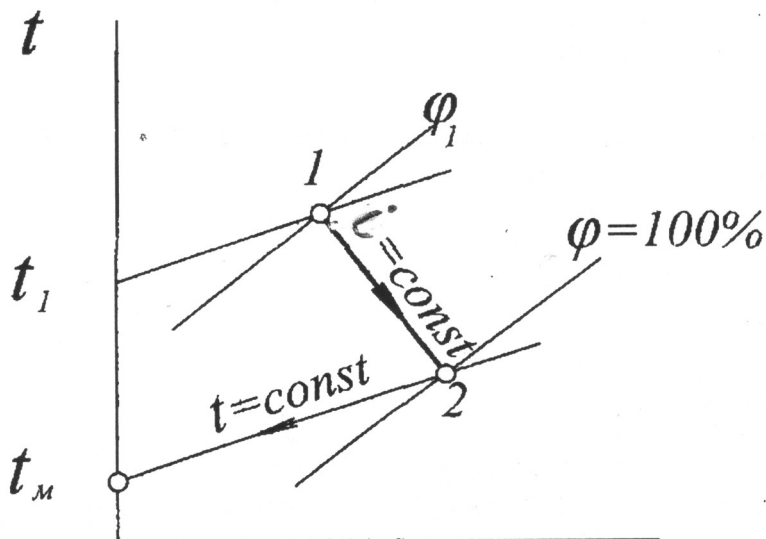


Рисунок 2.2 – Температура мокрого термометра

Температурою точки роси повітря даного стану (t_p) називають температуру насиченого повітря ($\varphi = 100\%$), визначену при незмінному вологовмісті ($d = const$, рисунок 2.3).

Використовуючи ($i-d$)-діаграму, можна визначити кількість теплоти необхідну для зміни тепловмісту повітря (рисунок 2.4).

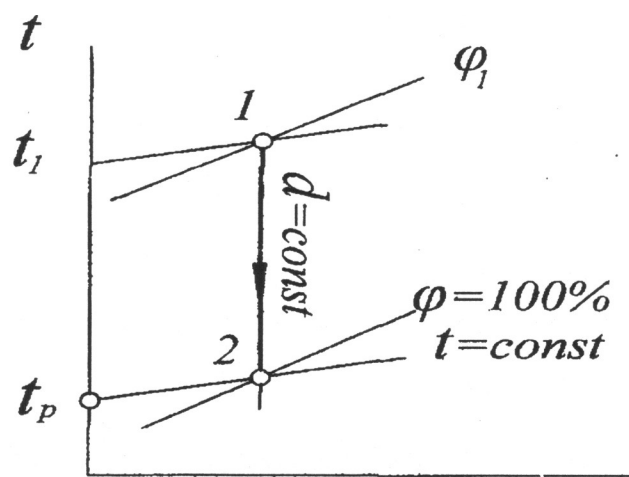


Рисунок 2.3 – Температура точки роси

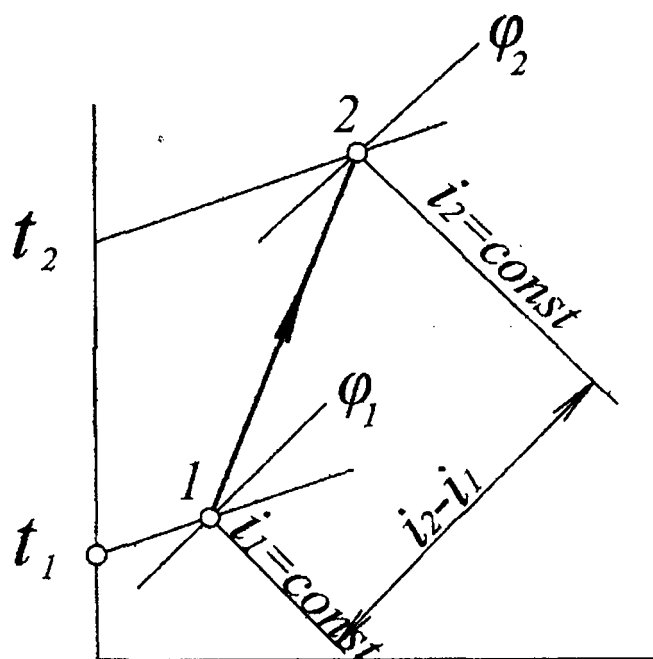


Рисунок 2.4 – Визначення зміни тепловмісту повітря

Контрольні завдання

Завдання 2.6

За допомогою $(i-d)$ -діаграми визначити відносну вологість повітря, яке має температуру t . Температура мокрого термометра дорівнює t_m (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Параметри вологого повітря

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Температура повітря, °С	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Температура мокрого термометра, °С	15	15	15	18	18	18	19	19	20	20

Завдання 2.7

Використовуючи $(i-d)$ -діаграму вологого повітря, визначити точку роси для заданих параметрів повітря (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Параметри повітря за варіантами

Параметр	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

Температура, °С	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12
	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Відносна вологість, %	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6. Розрахунок необхідного повітрообміну для приміщень. Розрахунок повітронагрівачів. Підбір вентиляторів

Повітрообміном називають заміну у приміщенні забрудненого повітря на чисте. Завдяки повітрообміну послаблюється дія на людський організм таких факторів, як надлишкова теплота, надлишкова вологість, шкідливі гази тощо. Оскільки абсолютно виключити потрапляння шкідливих парів і газів у повітря майже неможливо, їх вміст у повітрі визначається гранично допустимими концентраціями (ГДК), які обчислюють у грамах на метр кубічний, міліграмах на метр кубічний. Величина ГДК залежить від виду шкідливості. Для зниження концентрації шкідливості до рівня ГДК система вентиляції повинна подати у приміщення об'єм свіжого повітря, який обчислюють за формулою, $\frac{м^3}{год}$,

$$L = \frac{C}{ГДК - C_{np}}, \quad (2.3)$$

де C – кількість шкідливості даного виду, що надходить у приміщення, $г/год$;

C_{np} - концентрація шкідливості у свіжому повітрі, $г/м^3$.

Потрібна кількість повітря для асиміляції надлишкової теплоти дорівнює, $\frac{ккал}{с}$,

$$m_1 = \frac{\sum Q_n}{I_в - I_n}, \quad (2.4)$$

де $\sum Q_n$ - сума надходжень повної теплоти у приміщення, кВт;
 I_e, I_n - ентальпія внутрішнього і припливного повітря, кДж/кг.

Потрібна кількість повітря для асиміляції надлишкової вологи повітря дорівнює, $\frac{kg}{c}$,

$$m_2 = \frac{\sum W}{d_e - d_n}, \quad (2.5)$$

де $\sum W$ - сума надходжень водяних парів у приміщення;
 d_e, d_n - вологовміст внутрішнього і припливного повітря, г/кг.

Контрольні завдання

Завдання 2.8

Визначити необхідний повітрообмін у приміщенні, якщо загальна кількість надходжень до нього CO_2 становить C (таблиця 2.4), $ГДК = 20 \text{ мг/м}^3$, а концентрація шкідливості даного виду у свіжому повітрі визначається даними таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Надходження оксиду вуглецю у приміщення

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$C, \text{ г/год}$	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Таблиця 2.5 – Концентрація оксиду вуглецю у припливному повітрі

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$C, \text{ г/год}$	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3

Завдання 2.9

Використовуючи $(i-d)$ - діаграму вологого повітря, визначити кількість припливного повітря для асиміляції $4,5 \text{ кВт}$ теплоти, якщо температура внутрішнього повітря дорівнює 20°C , а його відносна вологість 55% . Параметри припливного повітря: $t_n = 15^{\circ} \text{C}$, $\varphi_n = 70\%$.

Завдання 2.10

За допомогою $(i-d)$ -діаграми вологого повітря обчислити кількість припливного повітря для асиміляції надлишкової вологи у приміщенні, якщо параметри внутрішнього повітря дорівнюють $t_g = 20^{\circ} \text{C}$, $\varphi_g = 60\%$, а припливне (зовнішнє) повітря характеризується величинами $t_n = 14^{\circ} \text{C}$, $\varphi_n = 50\%$. Сумарні надходження водяних парів становлять 500 г/год .

Завдання 2.11

Визначити необхідний у приміщенні повітрообмін для забезпечення в ньому температури повітря 20°C при відносній вологості 60% . Приміщення призначене для перебування в ньому 40 осіб; теплові надходження від розміщеного у приміщенні обладнання становлять 700 Вт . Надходження теплоти і вологи від однієї особи прийняти за таблицями 2.6, 2.7.

Параметри припливного повітря прийняти згідно з таблицею 2.8

Таблиця 2.6 – Надходження теплоти у приміщення від однієї особи (q)

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$Q, \text{ Вт/люд}$	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115

Таблиця 2.7 – Надходження вологи у приміщення від однієї особи (ω)

Номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

варіанта										
$\omega, г/год$	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105

Таблиця 2.8 – Параметри припливного повітря

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Температура, °С	10	11	12	15	14	15	16	17	18	19
Відносна вологість, %	45	45	50	50	55	55	45	40	60	50

3 СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА ГАЗОПОСТАЧАННЯ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7. Гідравлічний розрахунок теплових мереж. Регулювання відпуску теплової енергії. Побудова графіка якісного централізованого регулювання

Мета заняття – ознайомлення з методикою гідравлічного розрахунку теплопроводів за допомогою номограм; закріплення теоретичних знань щодо принципів регулювання відпуску теплоти споживачем.

Гідравлічний розрахунок здійснюють для визначення діаметра трубопроводів на ділянках теплової мережі і втрат тиску при русі теплоносія. Гідравлічний розрахунок виконують у такій послідовності:

1 Визначають теплові навантаження розрахункових ділянок мережі (Q_D).

2 Обчислюють витрати теплоносія (води) на кожній з ділянок за формулою, $\frac{кг}{с}$;

$$G_D = \frac{Q_D}{c \cdot (\tau_1^p - \tau_2^p)}, \quad (3.1)$$

де c - питома теплоємність води, $c = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

τ_1^p, τ_2^p - розрахункова температура мережної води у подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі відповідно

до прийнятого графіка регулювання відпуску теплоти.

3 Приймавши величину припустимих питомих втрат тиску, за допомогою номограми для гідравлічного розрахунку теплових мереж (додаток Г) визначають для кожної з ділянок діаметр трубопроводу та лінійні втрати тиску (R).

4 Для кожної з ділянок мережі обчислюють втрати тиску через тертя за формулою

$$\Delta P_m = R \cdot l_D, \quad (3.2)$$

де l_D - довжина ділянки.

5 Обчислюють втрати тиску в місцевих опорах мережі

$$\Delta P_M = \kappa_M \cdot \Delta P_m, \quad (3.3)$$

де κ_M - коефіцієнт обліку втрат тиску у місцевих опорах.

6 Визначають загальні втрати тиску на ділянках як суму обчислених за пунктами 4, 5 втрат

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_M; \quad (3.4)$$

7 Обчислюють втрати тиску на мережі в цілому як суму втрат тиску на ділянках.

8 При необхідності підбору насоса його потужність визначають за формулою, $кВт$,

$$N = \frac{H \cdot G \cdot g}{\eta_n \cdot 1000}, \quad (3.5)$$

де H - необхідний напір насосу, $м вод. ст.$;

G - витрати води через насос, $кг/с$;

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,8 м/с^2$;

η_n - коефіцієнт корисної дії насоса.

Необхідний напір насоса (тиск на виході з насоса) складається з витрат тиску ΔP , різниці геодезичних відміток насоса і системи споживача, потрібного напору на вході до системи теплопостачання.

Регулювання відпуску теплоти споживачам відповідно до температури зовнішнього повітря здійснюють або зміною температури теплоносія при незмінних його витратах (якісне регулювання), або зміною витрат теплоносія при незмінній температурі у подавальному трубопроводі теплових мереж (кількісне регулювання), або зміною і температури у подавальному трубопроводі мереж, і витрат гріючого теплоносія (якісно-кількісне регулювання).

Загальний вигляд графіка якісного регулювання наведений на рисунку 3.1. Побудову графіка розпочинають з нижнього квадрата, на якому за формулою (3.6) наносять лінію 1

$$\overline{Q}_0 = \frac{t_g - t_3}{t_g - t_{p.o.}}, \quad (3.6)$$

де \overline{Q}_0 - 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 температури води для систем опалення залежно від відносного опалювального навантаження для схеми з елеваторами температуру мережної води можна визначити за формулами [4]

$$\tau_1 = t_g + \Delta t_0^p \cdot \overline{Q}_0^{0,8} + (\tau_1^p - \tau_2^p \cdot \theta) \cdot \overline{Q}_0, \quad (3.7)$$

$$\tau_2 = \tau_1 - (\tau_1^p - \tau_2^p) \cdot \overline{Q}_0, \quad (3.8)$$

$$\tau_3 = \tau_2 + \theta \cdot \overline{Q}_0, \quad (3.9)$$

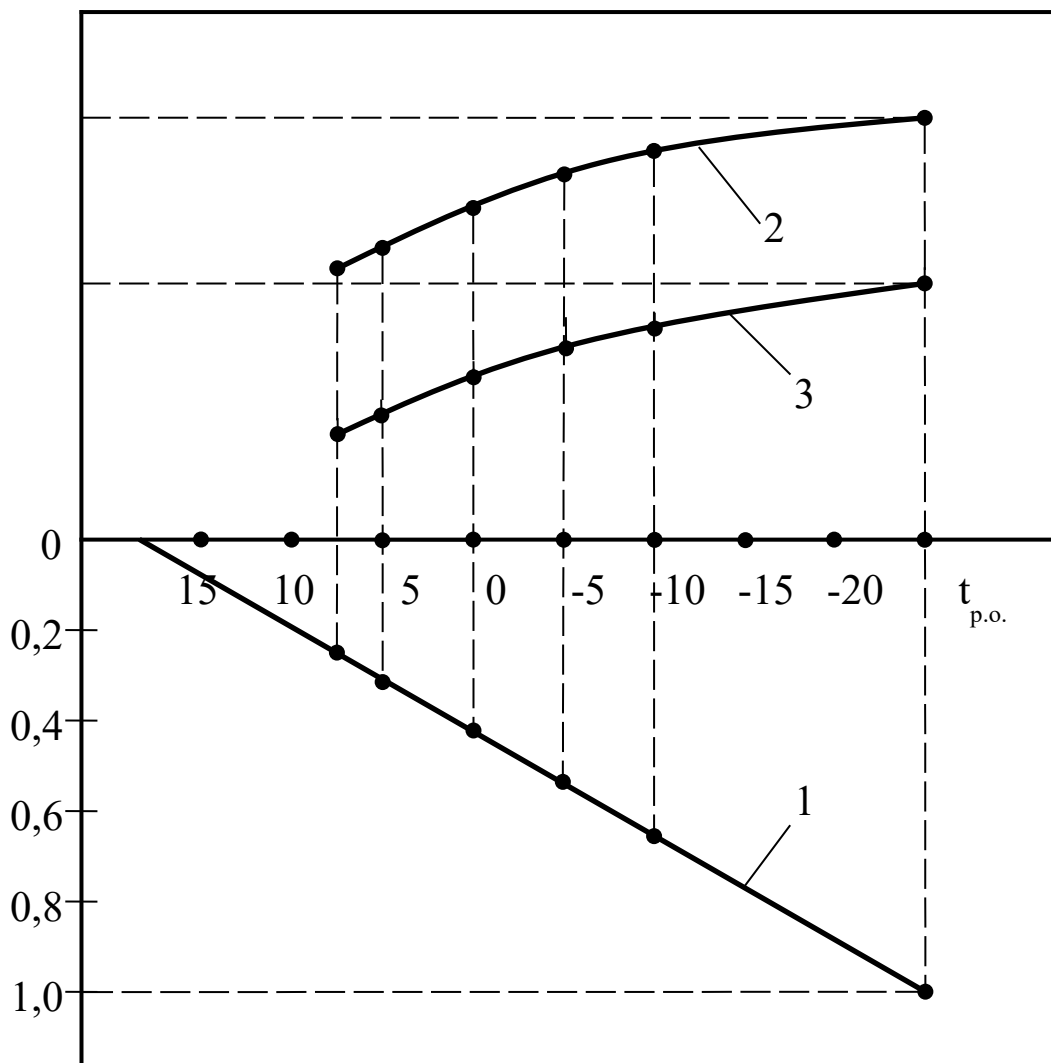
де τ_1, τ_2, τ_3 - температура теплоносія в подавальному, зворотному трубопроводах теплових мереж та після елеватора відповідно;

Δt_o^p - перепад температур між середньою температурою води в опалювальному приладі і внутрішнім повітрям у розрахунковому для опалення режимі, $\Delta t_o^p = 0,5(\tau_3^p + \tau_2^p) - t_e$;

θ - розрахунковий перепад температур води в системі опалення,
 $\theta = \tau_3^p - \tau_2^p$.

При розрахунках за наведеними формулами треба попередньо визначити величини, що характеризують розрахунковий режим.

Більш детально принципи побудови графіка якісного регулювання відпуску теплоти описані в [1, 4].



1 – лінія відносного опалювального навантаження;
 2,3 – зміна температури теплоносія у подавальному та зворотному трубопроводах теплових мереж відповідно

Рисунок 3.1 – Побудова графіка якісного регулювання опалювального навантаження

Контрольні завдання

Завдання 3.1

Для ділянки квартальної мережі опалення довжиною 500 м, діаметром D (таблиця 3.1) визначити загальні витрати тиску, якщо витрати теплоносія на ділянці дорівнюють G (таблиця 3.2). Втрати тиску в місцевих опорах врахувати коефіцієнтом 0,2.

Таблиця 3.1 – Діаметр теплопроводу на ділянці мережі

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$D, \text{мм}$	100	125	150	125	150	207	150	207	150	207

Таблиця 3.2 – Витрати мережної води на ділянці

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$G, \text{кг/с}$	10	10	10	20	20	20	40	40	50	50

Завдання 3.2

Для ділянки мережі з витратами води G (таблиця 3.2) визначити діаметр теплопроводу при умові, що питомі втрати тиску на ділянці не перевищують величину R_{np} (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Припустимі питомі втрати тиску на ділянці теплової

мережі

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$R_{np}, \text{Па/м}$	20	30	50	80	300	400	500	600	700	800

Завдання 3.3

Для групи будівель, що наведені на рисунку 3.2, визначити максимальні витрати теплоти на опалення, прийнявши кількість поверхів житлових будинків згідно з таблицею 3.4, питому опалювальну характеристику – з таблиці 3.5. Визначити діаметр трубопроводів системи опалення на ділянках мережі при умові, що питомі втрати тиску не перевищують величину R_{np} (таблиця 3.6). Втрати тиску в місцевих опорах врахувати коефіцієнтом 0,2.

Таблиця 3.4 – Середня поверховість забудови

Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кількість поверхів	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

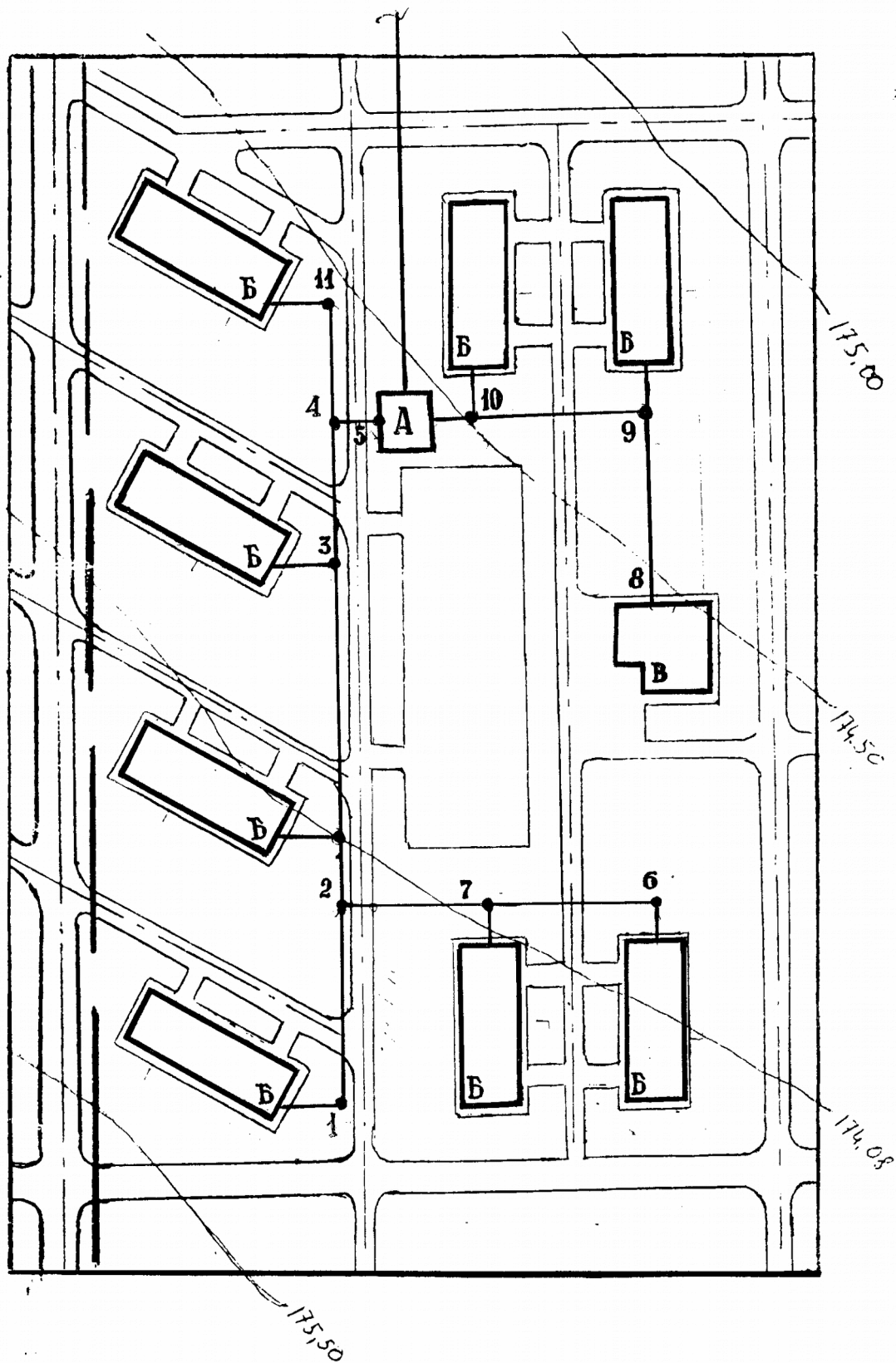
Таблиця 3.5 – Питома опалювальна характеристика (q_0) будівель за варіантами

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$q_0, \text{Вт/м}^2$	65	70	75	80	85	90	100	105	110	115

Таблиця 3.6 – Припустимі питомі втрати тиску на ділянці (до завдання 3.3)

Величина	Варіанти
----------	----------

	1	2	3	4	5
$R_{np}, \text{Па/м}$	40	800	200	250	300



А – центральний тепловий пункт; Б – житловий будинок (10×28 м); В – торговельний центр; 1, 2..11 – розрахункові точки мікрорайонної теплової мережі

Рисунок 3.2 – Схема теплозабезпечення житлової групи
Завдання 3.4

Для вихідних даних завдання 3.3 визначити максимальні витрати теплоти на гаряче водопостачання, прийнявши норму питомої площі на одну людину 18 м², а норму витрати теплоти на гаряче водопостачання – за таблицею 3.7.

Таблиця 3.7 – Норма витрати теплоти на гаряче водопостачання (q_h)

Величина	Варіанти				
	1	2	3	4	5
$q_h, \text{Вт/ людину}$	210	250	300	380	407

Завдання 3.5

Використовуючи результати розрахунків за завданням 3.3, визначити необхідну потужність насоса для роботи теплових мереж, якщо коефіцієнт корисної дії насосної установки дорівнює 0,6.

Завдання 3.6

Для поданих у таблиці 3.8, вихідних даних побудувати графік якісного регулювання системи опалення, якщо температура внутрішнього повітря становить $t_g = 20^0 \text{ C}$, розрахункова температура теплоносія після елеватора дорівнює 105^0 C .

Таблиця 3.8 – Вихідні дані до завдання 3.5

Розрахункові температури, °С	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
для опалення $t_{p.o.}$	-6	-11	-16	-18	-19	-21	-23	-24	-6	-11
теплової мережі: - у подавальній лінії	130	135	140	140	145	145	150	150	150	150
- у зворотній лінії	70	70	60	60	70	70	70	77	77	77

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8. Розрахунок потреби у природному газі для комунально-побутових та промислових споживачів

Мета заняття – розглянути приклади розрахунків потреби у природному газі для характерних споживачів.

Потреба у газі для споживачів визначається залежно від норми витрати на одну людину для об'єктів ЖКГ чи одиницю продукції для промислових підприємств, загальної чисельності мешканців або об'єму промислового виробництва, калорійності палива. Наприклад, річні витрати газу на приготування їжі визначають за формулою, $\frac{m^3}{рік}$,

$$g_{\bar{o}}^p = \frac{m \cdot n_1}{Q_p^H}, \quad (3.10)$$

де m - кількість мешканців;

n_1 - норма витрати газу на одну людину, $n_1 = 64000$ ккал/ рік ;

Q_p^H - калорійність газу.

Годинні витрати газу на побутові потреби обчислюють перемноженням річних витрат і коефіцієнта годинного максимуму споживання газу, величину якого можна визначити за таблицею 3.9.

Таблиця 3.9 – Коефіцієнт годинного максимуму споживання газу

на побутові потреби (K_m)

Кількість мешканців, люд	5000	10000	20000	30000	40000
K_m	1/2100	1/2200	1/2300	1/2400	1/2500

Норми витрати газу і коефіцієнт годинного максимуму споживання газу для деяких споживачів наведені у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Показники споживання природного газу для споживачів

Споживачі (нормування)	Норми витрати газу, ккал / p	Коефіцієнт годинного максимуму
Лазні (нормування – на одне відвідування; обсяг обслуговування – 100 % населення)	12 000	0,0005
Механізовані пральні (нормування – на одного мешканця; обсяг обслуговування – 50 % населення)	600 000	0,00033
Хлібозавод (обсяг обслуговування – 100% населення)	260 000	0,0004
Заклади громадського харчування: - на 1 обід - на 1 сніданок чи вечерю (обсяг обслуговування – 25% населення)	1 000 500	0,00053

Годинні витрати газу для потреб теплопостачання району забудови визначають за формулою, $\frac{m^3}{год}$,

$$g_m = \frac{\sum Q}{Q_p^H \cdot \eta_k \cdot 1,16}, \quad (3.11)$$

де $\sum Q$ - теплове навантаження систем теплоспоживання, Вт;

Q_p^H - калорійність газу, $\text{ккал}/\text{м}^3$ ($\text{кДж}/\text{м}^3$);

η_k - коефіцієнт корисної дії котлів, встановлених на джерелі теплоти.

Контрольні завдання

Завдання 3.7

Прийнявши калорійність природного газу $8000 \text{ ккал}/\text{м}^3$, обчислити річні та годинні витрати для об'єктів та міста в цілому (рисунок 3.3).

Кількість мешканців та витрати теплоти за окремими видами споживання прийняти за таблицею 3.11, коефіцієнт корисної дії котлів – за таблицею 3.12.

Таблиця 3.11 – Характеристики житлових мікрорайонів (до рисунка 3.3)

Позначення мікрорайону	А	Б	В	Г
Кількість мешканців	5000	10 000	6000	5000
Витрати теплоти; кВт :				
- на опалення	9000	18 000	10 800	9000
- на гаряче водопостачання	4070	8140	4880	4070
- на вентиляцію	800	1600	1900	800

Таблиця 3.12 – Коефіцієнт корисної дії котлів (ККД)

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ККД	0,92	0,9	0,87	0,85	0,82	0,8	0,78	0,76	0,74	0,72

Завдання 3.8

Використовуючи результати обчислень за попереднім завданням, визначити, як зміняться витрати газу, якщо його калорійність становитиме 10500 ккал/м^3 .

Завдання 3.9

Обчислити витрати природного газу для потреб міста при умові, що коефіцієнт корисної дії котлів становить $0,95$. Інші вихідні дані для обчислень прийняти такими самими, як у завданні 3.7.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9. Гідравлічний розрахунок газових мереж

Мета заняття – оволодіння навичками виконання гідравлічного розрахунку газопроводів високого та середнього тиску за допомогою номограм (додаток Д).

Гідравлічний розрахунок газових мереж виконують для визначення діаметрів і втрат тиску на ділянках мереж. Розрахунок починають з розподілу мережі на розрахункові ділянки.

Розрахункові витрати газу для кожної ділянки визначають як підсумкові витрати газу споживачів, починаючи з точки 1. Для врахування втрат тиску в місцевих опорах мережі обчислюють розрахункову довжину ділянок:

$$l_p = 1,1 \cdot l_\phi. \quad (3.12)$$

Знаходячи за формулою (3.13) коефіцієнт $\bar{\alpha}$, за допомогою номограми для гідравлічного розрахунку газопроводів середнього та високого тиску (додаток Д) визначаємо діаметр трубопроводів на кожній з ділянок мережі і уточнюємо для ділянки величину α_D :

$$\bar{\alpha} = \frac{P_6^2 - P_1^2}{l_{1-6}}, \quad (3.13)$$

де l_{1-6} - сумарна довжина ділянок мережі.

Тиск газу в кінці ділянки $P_{Д.К.}$ визначають залежно від тиску на вході в ділянку $P_{Д.Н.}$ та коефіцієнта $\alpha_{Д}$ на ділянці за формулою

$$P_{Д.К.} = \sqrt{P_{Д.Н.}^2 - \alpha_{Д} \cdot l_{Д}}. \quad (3.14)$$

Приклад. Визначити діаметр газопроводу на ділянці довжиною 3000 м, якщо тиск газу на вході й виході становить відповідно 3 ат і 2 ат, а витрата газу дорівнює 900 м³/год.

Розв'язання.

1 Розрахункова довжина ділянки, км

$$l_p = 1,1 \cdot l_{\phi} = 1,1 \cdot 3 = 3,3$$

де l_{ϕ} - фактична довжина ділянки, $l_{\phi} = 3000 \text{ м} = 3 \text{ км}$.

2 Коефіцієнт втрат тиску на ділянці

$$\alpha = \frac{P_{вх}^2 - P_{вих}^2}{l_p} = \frac{3^2 - 2^2}{3,3} = 1,5.$$

3 На діаграмі для гідравлічного розрахунку газових мереж (додаток Д) як точку перетину ліній $\alpha = 1,5$ і $g = 900 \text{ м}^3/\text{год}$ з лінією діаметра знаходимо $D = 100 \text{ мм}$ і уточнюємо відповідну йому величину фактичного коефіцієнта втрат тиску $\alpha_{Д} = 1,9$.

Контрольні завдання

Завдання 3.10

Для ділянки газопроводу довжиною 2 км і діаметром D (таблиця 3.13) визначити тиск у кінці ділянки, якщо тиск на вході до ділянки дорівнює 8 ат, а витрати газу на ділянці дорівнюють G (таблиця 3.14).

Таблиця 3.13 – Діаметр трубопроводу на ділянці

Величина	Варіанти				
	1	2	3	4	5
$D, \text{мм}$	100	120	150	200	250

Таблиця 3.14 – Втрати газу на ділянці

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$g, \text{м}^3 / \text{год}$	100	140	200	250	300	350	400	500	600	700

Завдання 3.11

Визначити діаметр газопроводу на ділянці довжиною 5 км, якщо тиск газу в кінцевій точці ділянки дорівнює 1,2 ат, а на вході до ділянки - $P_{вх}$ (див. таблицю 3.15). Витрати газу прийняти за таблицею 3.16.

Таблиця 3.15 – Тиск газу на вході до розрахункової ділянки газопроводу

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{вх}, \text{ат}$	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,7	2,5	2,0

Таблиця 3.16 – Витрати газу на ділянці

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Витрати газу, $g, \text{м}^3 / \text{год}$	400	450	500	550	600	700	1000	2000	3000	6000

Завдання 3.12

Визначити, як для умов завдання 3.11 зміниться діаметр газопроводу, якщо тиск газу в кінцевій точці ділянки дорівнюватиме 1,8 ат.

Завдання 3.13

Для наведеної на рисунку 3.3 схеми газопостачання району міста визначити діаметри трубопроводів на ділянках мережі, якщо тиск газу на виході з газорозподільної станції (P_6) дорівнює поданій у таблиці 3.17 величині, а тиск у найвіддаленішій точці магістралі $P_1 = 1,5 \text{ ат}$. Довжину ділянок прийняти за таблицею 3.18, а витрати газу на ділянках - за таблицею 3.19.

Таблиця 3.17 – Тиск газу на виході з газорозподільної станції

Показник	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тиск газу на виході з ГРС (точка 6 за рисунком 3.3), ат	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0

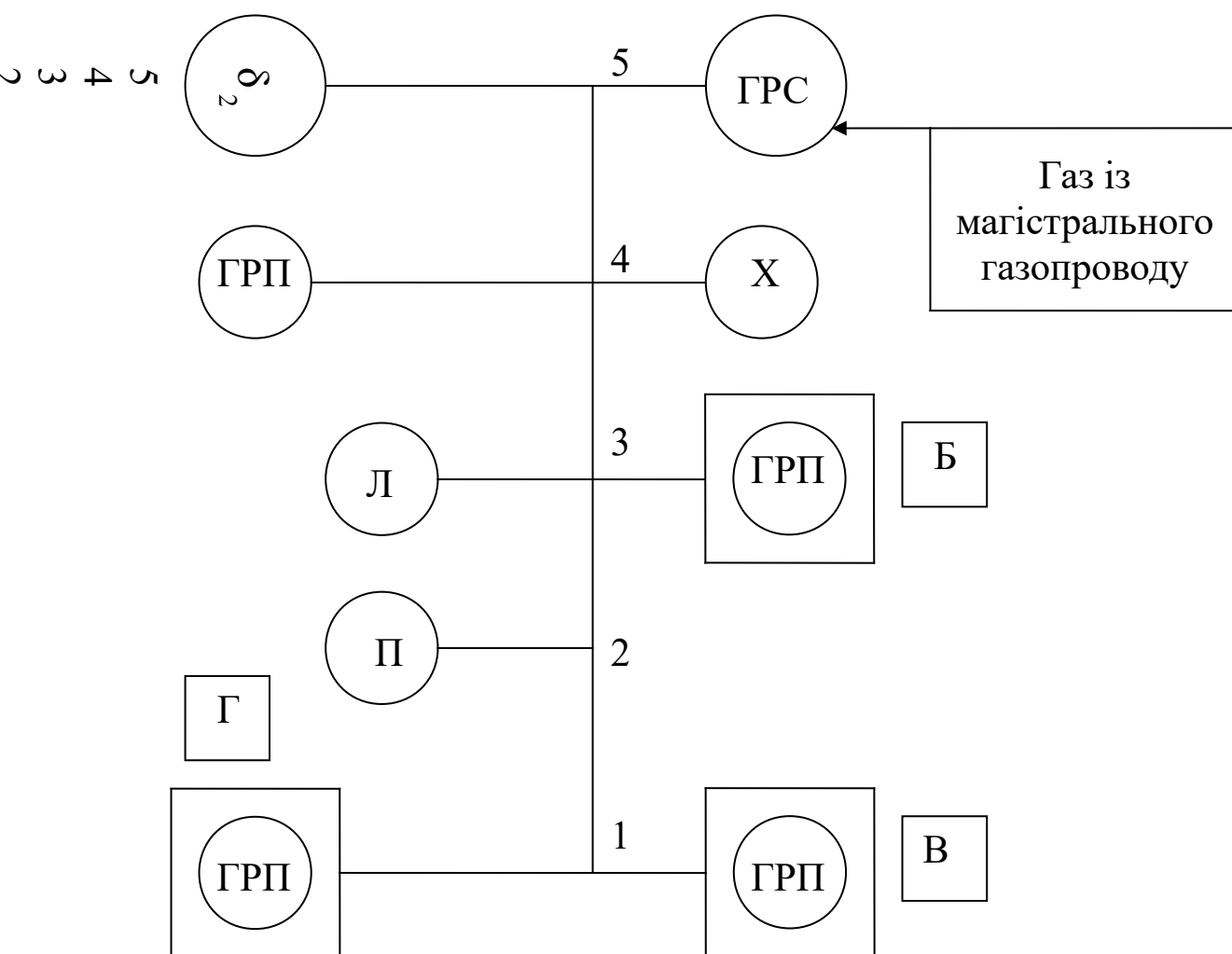
Таблиця 3.18 – Довжини розрахункових ділянок

Показник	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Довжина ділянок мережі l_{ϕ} , км										
- ділянка 1-2	0,5	0,5	0,3	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,2	1,2
- ділянка 2-3	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,75	2,75	2,75
- ділянка 3-4	0,75	1,0	0,7	0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,75	0,75
- ділянка 4-5	1,0	1,5	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	2,8
- ділянка 5-6	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	4,0	4,0

Таблиця 3.19 – Витрати газу на ділянках

Показник	Варіанти									
----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Витрати, <i>м³/год:</i>										
- ділянка 1-2										
- ділянка 2-3										
- ділянка 3-4	200	250	300	350	400	400	350	300	250	200
- ділянка 4-5	270	300	350	450	500	500	150	200	300	100
5	500	800	1000	1100	1200	1400	700	600	700	550
- ділянка 5-6	800	1300	1600	1800	2000	2300	1200	1000	1400	700
6	2800	3900	4100	5000	5500	6000	3500	3100	3800	2300



А, Б, В, Г – житлові мікрорайони; Х – хлібозавод;

П – пральня; Л – лазня; ТЕЦ – теплоелектроцентрально;
ГРС – газорозподільна станція; ГРП – газорегуляторний пункт

Рисунок 3.3 – Схема газопостачання населеного пункту

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

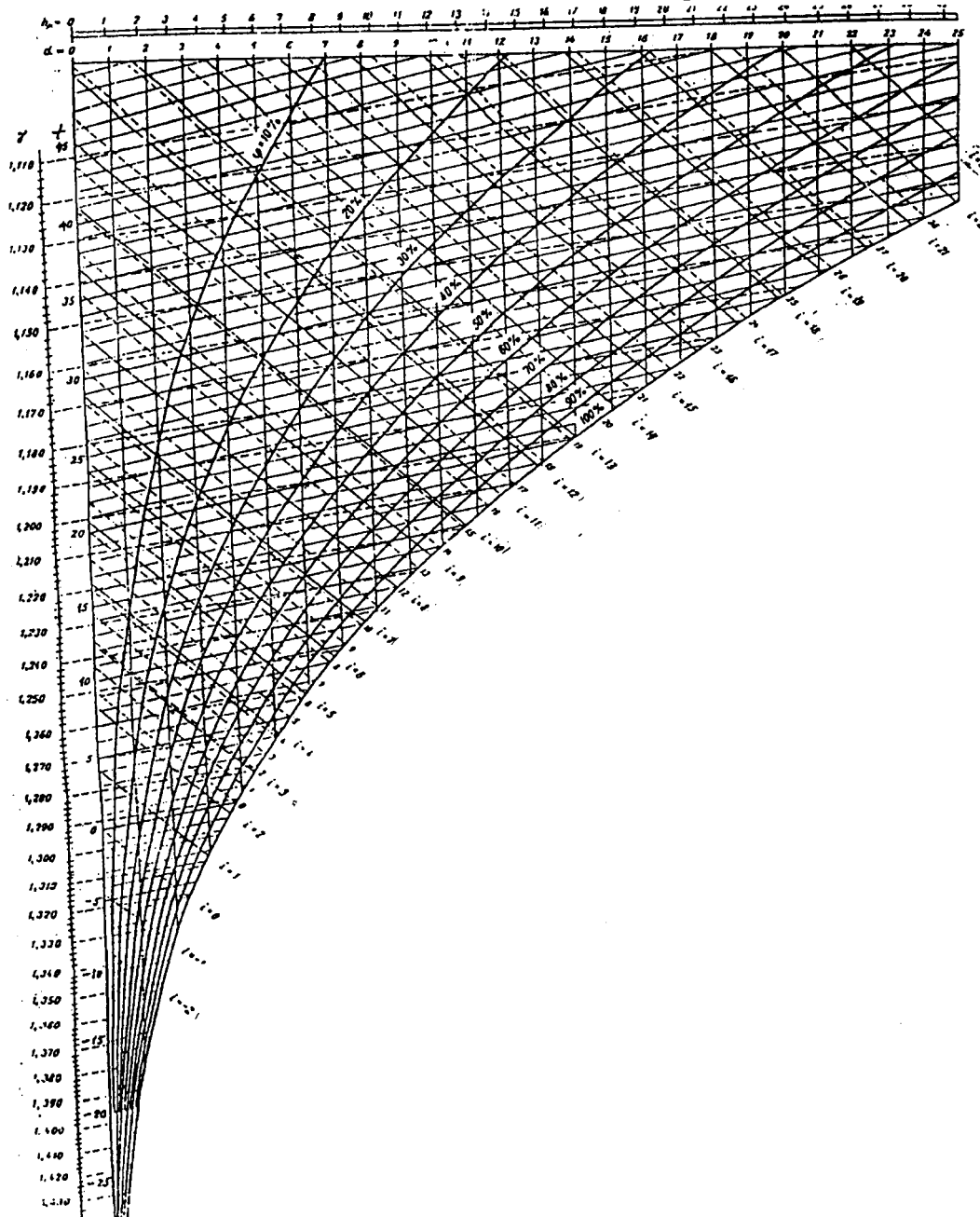
- 1 Програма дисципліни «Експлуатація інженерних мереж і комунікацій» та методичні вказівки до виконання контрольної (розрахунково-графічної роботи) для студентів спеціальностей ПЦБ та ТЕ. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – 55 с.
- 2 Тихомиров К.В., Сергеенко Э.С. Теплотехника, тепло-, газоснабжение и вентиляция. – М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.
- 3 Зингер Н.М., Тарадай А.М., Бармина Л.С. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 271 с.
- 4 Козин В.Е., Левина Т.А., Марков А.П. и др. Теплоснабжение. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.

ДОДАТОК Б

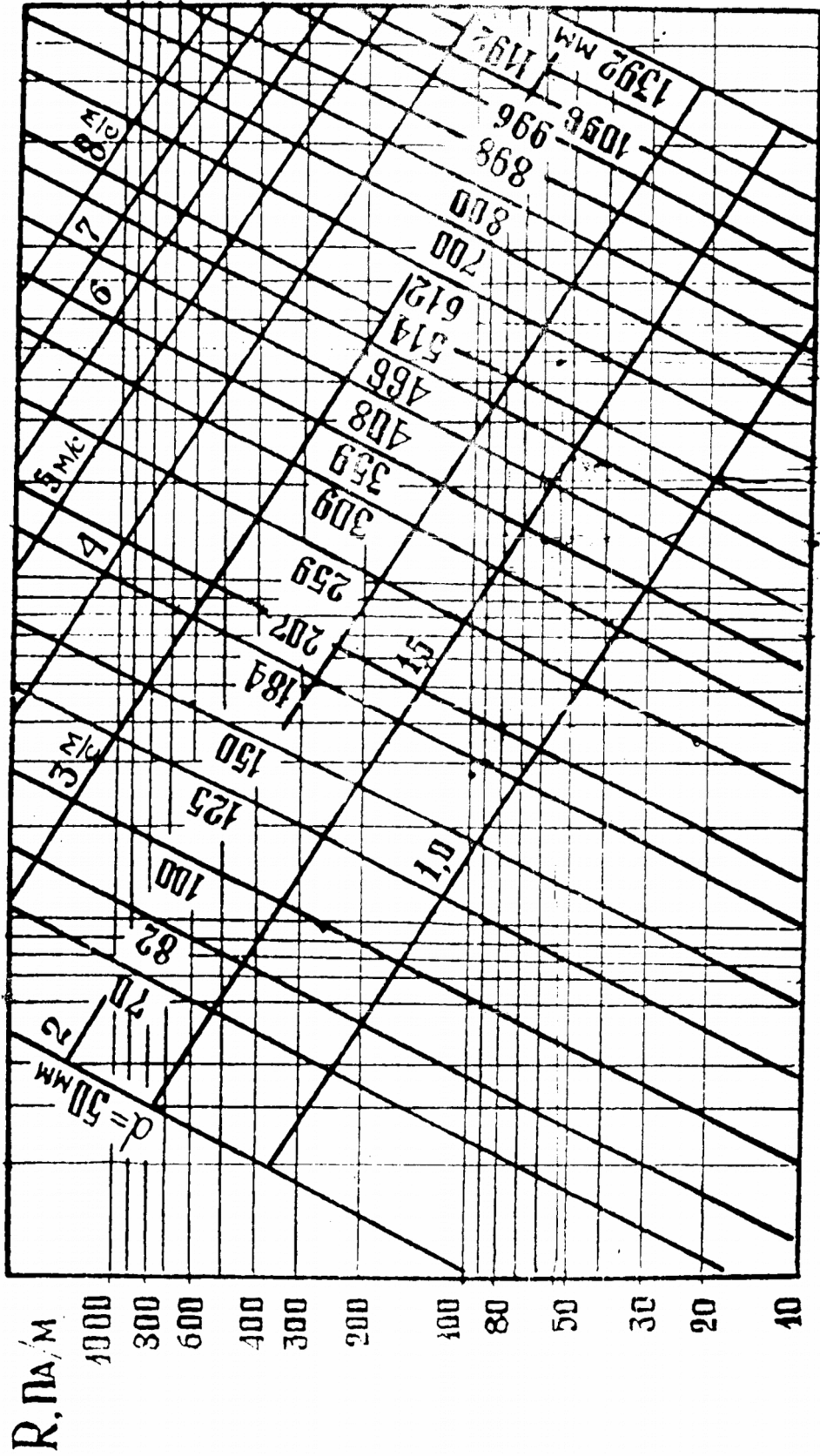
Різниця температур $\Delta t_{сер} = t_{сер} - t_B$	$q_{тр}, Вт/м$, при $D_y, мм$, труб				
	сталевих водогазопровідних				
	15	20	25	32	40
Горизонтальні труби					
30	29	35	41	52	58
40	40	52	58	71	81
50	46	64	79	93	105
60	65	81	110	129	146
70	79	99	122	142	163
80	94	117	146	172	194
90	112	137	171	201	227
Вертикальні труби					
30	17	21	33	40	49
40	23	33	44	56	64
50	35	47	61	78	88
60	49	62	79	99	110
70	58	77	100	121	139
80	76	93	106	145	168
90	87	110	141	274	197

ДОДАТОК В

I-d діаграма вологого повітря



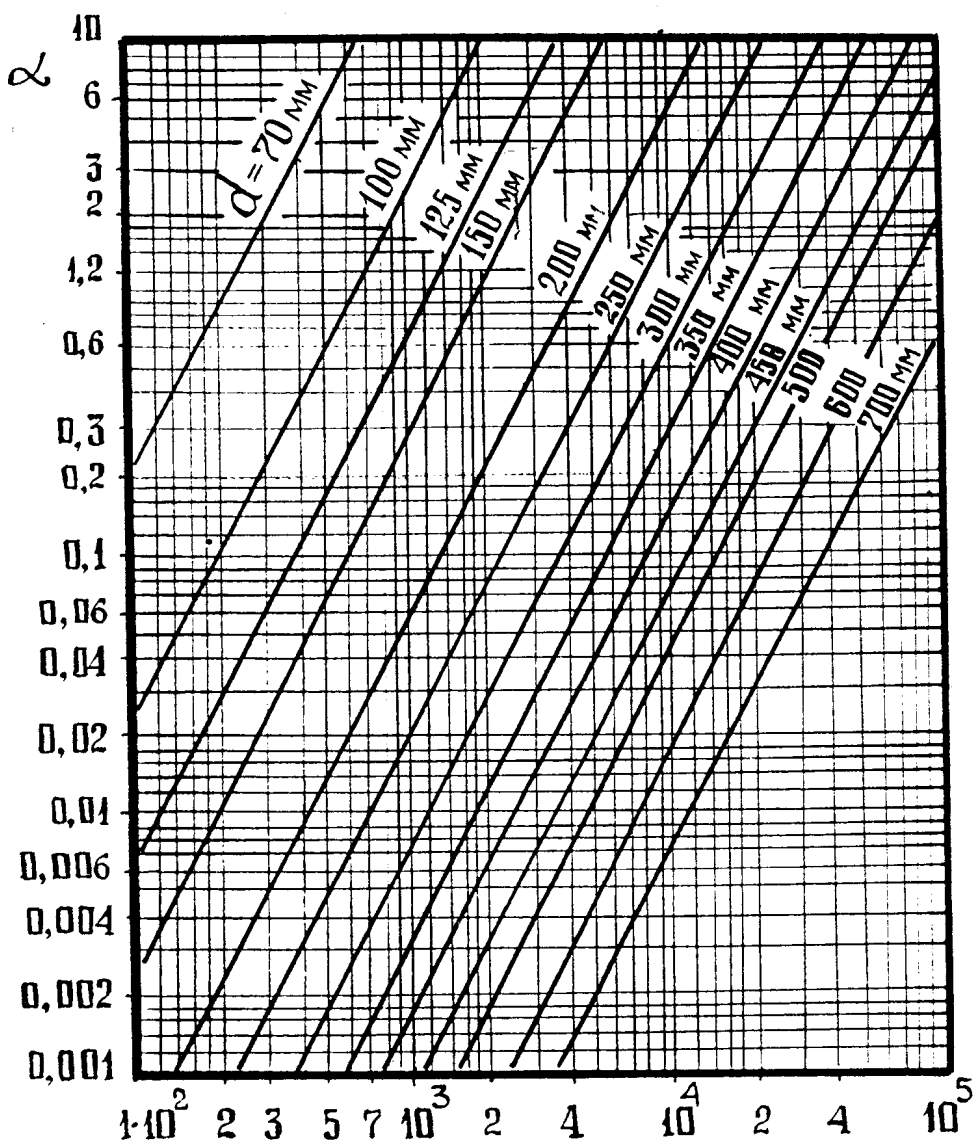
Но



1 2 3 4 6 8 10 20 40 60 100 200 400 600 1000 2000
Витрати води, кг/с
ежеж

ДОДАТОК Д

Номограма для гідравлічного розрахунку газових мереж середнього



Витрати газу, м³/год

ДОДАТОК А

Технічна характеристика ВОДО-водяних підігрівників

№ з/п	Довжина трубок	Внутрішній діаметр корпусу, мм	Кількість трубок	Площа поверхні теплообміну однієї секції, м ²	Площа перерізу, м ³		Еквівалентний діаметр міжтрубного простору, м
					трубок	міжтрубного простору	
01	2000	50	5	0,37	0,00062	0,00116	0,0129
02	4000			0,75			
03	2000	69	7	0,65	0,00108	0,00233	0,0164
04	4000			1,31			
05	2000	82	12	1,11	0,00185	0,00287	0,0133
06	4000			2,24			
07	2000	106	19	1,76	0,00293	0,005	0,0155
08	4000			3,54			
09	2000	158	37	3,4	0,0057	0,0122	0,0207
10	4000			6,9			
11	2000	207	64	5,89	0,00985	0,02079	0,0215
12	4000			12			
13	2000	259	109	10	0,01679	0,03077	0,0195
14	4000			20,3			
15	2000	309	151	13,8	0,02325	0,04464	0,0208
16	4000			28			
17	2000	359	216	19,8	0,03325	0,0578	-
18	4000			40,1			
19	2000	408	283	25,8	0,04356	0,0719	-
20	4000			52,5			
21	2000	512	450	41	0,06927	0,1154	-
22	4000			83,4			

Примітка - робочий тиск - 1 МПа, температура гріючої води 150⁰ С

