

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ

АВТОНОМНІ КОТЕЛЬНІ

Рекомендації до виконання розрахункової роботи

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Теплоенергетика та теплоенергетичні
установки електростанцій»
спеціальності 144«Теплоенергетика»*

Укладачі: М. Ф. Боженко, Н. О. Притула

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

УДК 620.9:697.32

Укладачі: *Боженко Михайло Федорович*, канд. техн. наук, доц.
Притула Наталя Олександрівна, канд. техн. наук, доц.

Рецензент *Васильченко Г. М.*, канд. техн. наук, доц., доц. каф. хімічного
полімерного і силікатного машинобудування
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний
редактор *Фуртат І. Е.*, канд.техн. наук, доц.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 3
від 07.12.2023 р.)
за поданням Вченої ради Навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики
(протокол № 4 від 28.11.2023 р.)*

Енергоефективні системи опалення і вентиляції. Автономні котельні [Електронний ресурс] : рек. до виконання розрахунк. роботи : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій» спец. 144 Теплоенергетика / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. Ф. Боженко, Н. О. Притула. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 49 с.

Наведені мета розрахункової роботи та завдання на її виконання: склад, обсяг і структура. Викладена методика визначення теплових навантажень споживачів на опалення і гаряче водопостачання, а також розрахунків теплової схеми опалювальної водогрійної котельні для закритої системи теплопостачання. Приділено увагу вибору оптимальної кількості водогрійних котлів. Подані рекомендації до оформлення розрахункової роботи. В додатках наведені таблиці деяких довідково-нормативних даних, необхідних при виконанні розрахункової роботи. Для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій» спеціальності 144 «Теплоенергетика». Буде також корисним здобувачам ступеня магістра, які навчаються за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

УДК 620.9:697.32

Реєстр. № НП 23 / 24 – 226. Обсяг 2,3 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Мета та завдання розрахункової роботи.....	5
2. Завдання на розрахункову роботу.....	6
2.1. Розрахунки теплових навантажень на опалення житлових будинків.....	6
2.2. Розрахунки витрат гарячої води і теплових навантажень на гаряче водопостачання житлових будинків.....	9
2.3. Теплова схема котельні.....	10
3. Склад, обсяг і структура розрахункової роботи.....	10
4. Методика виконання розрахункової роботи.....	11
4.1. Розрахунки теплових навантажень на опалення житлових будинків.....	11
4.2. Розрахунки витрат гарячої води і теплових навантажень на гаряче водопостачання групи житлових будинків для проектування автономної котельні.....	20
4.2.1. Витрати гарячої води.....	20
4.2.2. Теплові навантаження на гаряче водопостачання.....	23
4.3. Теплова схема котельні.....	26
4.3.1. Опис теплової схеми.....	26
4.3.2. Вихідні дані для розрахунку теплової схеми.....	26
4.3.3. Методика розрахунку теплової схеми.....	27
4.3.4. Вибір типу та кількості водогрійних котлів.....	29
5. Рекомендації до оформлення розрахункової роботи.....	33
Список рекомендованої літератури.....	35
Перелік посилань.....	36
Додатки	
Додаток А. Довідково-нормативні таблиці.....	37
Додаток Б. Титульний аркуш розрахункової роботи.....	48
Додаток В. Зміст розрахункової роботи.....	49

ВСТУП

Студенти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, що навчаються за освітньо-професійною програмою «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій» спеціальності 144 «Теплоенергетика», вивчають освітній компонент «Енергоефективні системи опалення і вентиляції» у VII семестрі.

Згідно з навчальним планом з освітнього компонента передбачено виконання розрахункової роботи, в якій за відповідними індивідуальними завданнями студентам пропонується за точними способами визначити теплові навантаження житлових будівель на опалення, витрату гарячої води і теплові навантаження споживачів на гаряче водопостачання, скласти і описати роботу теплової схеми опалювальної водогрійної котельні для децентралізованого або помірно-централізованого теплопостачання, виконати розрахунки теплової схеми для трьох характерних режимів, вибрати марку та оптимальну кількість встановлених сучасних водогрійних котлів.

У навчальному посібнику наведено мету розрахункової роботи та завдання на її виконання; склад, обсяг та структуру; методику визначення теплових навантажень на опалення за втратами теплоти зовнішніми огороженнями будівель і витрату гарячої води та теплові навантаження споживачів на гаряче водопостачання за точною методикою; методику розрахунків теплової схеми опалювальної водогрійної котельні для закритої системи теплопостачання, включаючи її опис та формування вихідних даних для розрахунку; рекомендації до оформлення розрахункової роботи; таблиці деяких довідково-нормативних даних, необхідних при виконанні розрахункової роботи.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

Відомо, що основними елементами системи теплопостачання споживачів є джерело теплопостачання, теплові мережі і споживачі теплоти.

В залежності від теплової потужності джерела теплопостачання системи теплопостачання поділяються на автономні, децентралізовані, помірно-централізовані і централізовані.

В автономних, децентралізованих та помірно-централізованих системах теплопостачання джерелами теплопостачання, в основному, є водогрійні котельні.

В одному з розділів освітнього компонента «Енергоефективні системи опалення та вентиляції» студенти спеціальності «Теплоенергетика» вивчають точні методики розрахунків теплових навантажень будівель на опалення, витрати гарячої води і теплових навантажень споживачів на гаряче водопостачання споживачів, а також розрахунки теплових схем котелень децентралізованого та помірно-централізованого теплопостачання.

Метою розрахункової роботи є закріплення теоретичних знань і набуття практичних навичок розрахунків теплових навантажень будівель на опалення, витрати гарячої води та теплові навантаження споживачів на гаряче водопостачання. В процесі розрахунків студенти обчислюють максимальні (розрахункові) потоки теплоти на опалення за втратами теплоти зовнішніх огорожень будівель, середні та максимальні за добу витрати гарячої води та потоки теплоти споживачами, а також річні витрати теплоти цих же споживачів.

Наступним завданням розрахункової роботи є складання принципової теплової схеми опалювальної водогрійної котельні, опис її роботи з наведенням характеристик основного та допоміжного обладнання. Завершальною стадією розрахункової роботи є складання вихідних даних за результатами обчислення теплових навантажень споживачів і розрахунки теплової схеми для трьох характерних режимів, вибір оптимальної кількості водогрійних котлів.

2. ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВУ РОБОТУ

2.1. Розрахунки теплових навантажень на опалення житлових будинків

Для району житлової забудови або групи житлових будинків визначити максимальні та середні потоки теплоти, а також річні витрати теплоти на опалення.

Варіант завдання:

1. Населений пункт – задає викладач разом з номером варіанту.
2. Розміри однієї з будівель в плані наведені на рис. 2.1, а вихідні дані до розрахунків – в табл. 2.1.

3. Загальні характеристики:

- 3.1. Товщина перекриття між поверхами $\delta_{\text{пер}} = 0,350$ м.
- 3.2. Підлога у всіх будинках – утеплена на лагах.
- 3.3. Для зменшення втрат теплоти будинками здійснена термо-модернізація їх зовнішніх стін шляхом наклейки пінополістиролових (утеплювач – I) або мінераловатних (утеплювач – II) плит, а також дерев'яні світлопрозорі конструкції замінені на енергозберігаючі склопакети.

3.4. Теплопровідність утеплювача I ($\lambda_{\text{ут}}$) можна взяти в межах $(0,037 - 0,043)$ Вт/(м·К), а для утеплювача II - $\lambda_{\text{ут}} = (0,036 - 0,042)$ Вт/(м·К).

3.5. Температура внутрішнього повітря в приміщеннях будинків $t_{\text{вн}} = 20$ °С.

Примітка: Максимальні потоки теплоти визначити за точним способом – за втратами потоків теплоти зовнішніми огороженнями будівель.

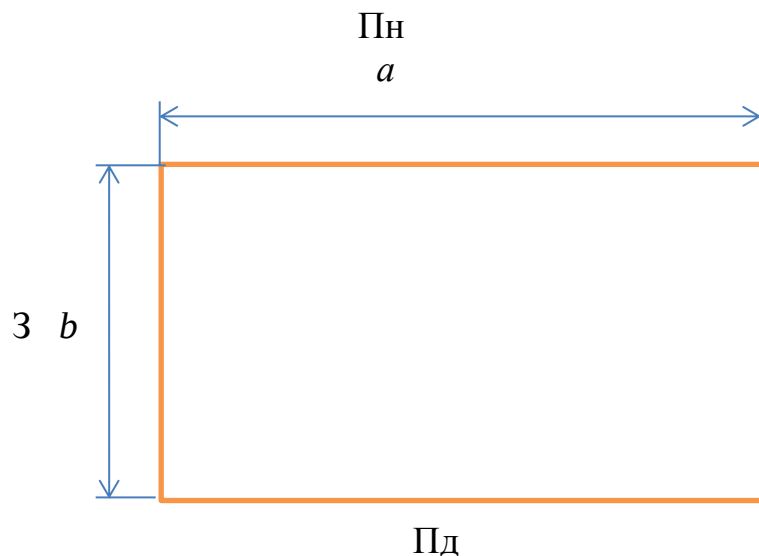


Рисунок 2.1. План житлової будівлі

Таблиця 2.1. Індивідуальні вихідні дані до розрахунків

Варіант	Розміри будівлі в плані, м		Кількість будинків $n_{\text{буд}}$	Кількість поверхів $n_{\text{пов}}$ (висота поверху $H_{\text{п}}$, м)	Несуча частина стін – матеріал, товщина δ_1 , мм; (Утеплювач – тип, товщина $\delta_{\text{ут}}$, мм)	Кількість вікон на фасадах одного поверху, $n_{\text{вік}}$				Розміри вікна $a_{\text{в}} \times h_{\text{в}}$, м x м	Характеристика засклення	Характеристика перекриття; товщина δ_2 , мм; утеплювач; товщина δ , мм;
	a	b				Пн	Пд	3	С			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	28	13	10	5 (3,2)	Цегляно-бетонна, $\delta_1 = 525$; (I, $\delta_{\text{ут}} = 100$)	12	12	4	4	1 x 1,5	Двокамерний склопакет 4К-10-4М ₁ -10-4К з повітрям 100 %	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$; утеплювач – шлак, $\delta = 200$
2	30	35	8	5 (2,7)	Цегляна на важкому розчині, $\delta_1 = 265$; (II, $\delta_{\text{ут}} = 110$)	10	10	6	6	0,8 x 1,6	Двокамерний склопакет 4М ₁ -16-4М ₁ -16-4К з повітрям 100 %	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$; утеплювач – шлак, $\delta = 100$
3	48	22	7	7 (2,9)	Цегляна на легкому розчині, $\delta_1 = 525$; (I, $\delta_{\text{ут}} = 90$)	14	14	8	8	0,9 x 1,3	Однокамерний склопакет 4К - 16 - 4К з криптоном 100 %	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$; утеплювач – трепел, $\delta = 150$
4	33	21	5	9 (3,0)	З сілікатної цегли на важкому розчині $\delta_1 = 395$; (II, $\delta_{\text{ут}} = 100$)	9	9	5	5	1 x 1,4	Двокамерний склопакет 4М ₁ -16-4М ₁ -16-4К з аргоном 100 %	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$; утеплювач – шлак, $\delta = 100$
5	40	15	8	6 (2,8)	Цегляна з повітряним прошарком, на важкому розчині; $\delta_1 = 565$; (I, $\delta_{\text{ут}} = 90$)	10	10	5	5	0,9 x 1,4	Двокамерний склопакет 4М ₁ -12-4М ₁ -12-4К з повітрям 100 %	Залізобетонний двопустотний збірний настил; $\delta_2 = 160$; утеплювач – пінобетон, $\delta = 120$
6	20	35	9	7 (3,0)	Великі шлакобетонні блоки; $\delta_1 = 300$; (II, $\delta_{\text{ут}} = 90$)	7	7	9	9	0,9 x 1,5	Двокамерний склопакет 4К-10-4М ₁ -10-4К з повітрям 100 %	Залізобетонний двопустотний збірний настил $\delta_2 = 160$; утеплювач – піносілікат, $\delta = 80$

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	18	41	11	7 (2,9)	Цегляно-бетонна; $\delta_1 = 395$ (I, $\delta_{yt} = 120$)	6	6	12	12	1x1,45	Двокамерний склопа- кет 4M ₁ -12-4M ₁ -12-4K з аргонном 100 %	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$; утеплювач – шлак, $\delta = 200$
8	23	39	6	9 (3,0)	Цегляна на важкому розчині; $\delta_1 = 395$ (II, $\delta_{yt} = 115$)	7	7	10	10	0,8x1,5	Двокамерний склопа- кет 4M ₁ -16-4M ₁ -16-4K з аргонном 100 %	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$; утеплювач – шлак, $\delta = 200$
9	15	31	8	7 (2,8)	Великі шлакобетонні блоки; $\delta_1 = 400$ (I, $\delta_{yt} = 80$)	5	5	8	8	0,9x1,4	Двокамерний склопа- кет 4M ₁ -10-4M ₁ -10-4K з аргонном 100 %	Двопустотний збірний настил; $\delta_2 = 160$; утеп- лювач–пінобетон, $\delta = 40$
10	24	42	9	5 (2,7)	Цегляна на легкому розчині; $\delta_1 = 655$ (II, $\delta_{yt} = 90$)	6	6	10	10	0,9x1,4	Двокамерний склопа- кет 4M ₁ -6-4M ₁ -6-4K з аргонном 100 %	Двопустотний збірний настил; $\delta_2 = 160$; утеп- лювач–піносілікат, $\delta = 80$
11	35	27	7	9 (3,0)	Цегляно-бетонна; $\delta_1 = 525$ (I, $\delta_{yt} = 90$)	10	10	8	8	1x1,2	Однокамерний склопа- кет 4K - 16 - 4K з криптоном 100 %	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$; утеплювач – шлак, $\delta = 200$
12	40	20	10	6 (3,0)	Цегляна на важкому розчині; $\delta_1 = 265$ (II, $\delta_{yt} = 110$)	10	10	6	6	0,9x1,3	Однокамерний склопа- кет 4M ₁ - 16 - 4K з аргонном 100 %	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$; утеплювач – шлак, $\delta = 100$
13	37	19	9	7 (2,9)	Цегляна на легкому розчині; $\delta_1 = 525$ (I, $\delta_{yt} = 80$)	10	10	5	5	0,8x1,4	Двокамерний склопа- кет 4K-10-4M ₁ -10-4K з повітрям 100 %	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$; утеплювач – трепел, $\delta = 150$
14	45	21	11	6 (2,8)	3 сілікатної цегли на важкому розчині $\delta_1 = 525$; (II, $\delta_{yt} = 90$)	11	11	5	5	0,9x1,3	Двокамерний склопа- кет 4M ₁ -16-4M ₁ -16-4K з аргонном 100 %	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$; утеплювач – шлак, $\delta = 100$
15	17	32	12	5 (2,7)	Великі шлакобетонні блоки; $\delta_1 = 500$ (I, $\delta_{yt} = 80$)	6	6	9	9	0,8x1,3	Двокамерний склопа- кет 4K-10-4M ₁ -10-4K з повітрям 100 %	Залізобетонний двопустотний збірний настил; $\delta_2 = 160$; утеплювач – пінобетон, $\delta = 120$

2.2. Розрахунки витрат гарячої води і теплових навантажень на гаряче водопостачання житлових будинків

Для споживачів тих же житлових будинків визначити:

- витрати гарячої води (середню за добу, $\text{м}^3/\text{добу}$; середню за годину, $\text{м}^3/\text{год}$; максимальну за добу, $\text{м}^3/\text{добу}$; максимальну секундну за добу, л/с ; максимальну годинну за добу, $\text{м}^3/\text{год}$; мінімальну за годину, $\text{м}^3/\text{год}$);
- теплові навантаження на гаряче водопостачання (середні і максимальні за годину потоки теплоти на ГВП; річні витрати теплоти на ГВП).

В розрахунках прийнято, що житлові будинки обладнані централізованим гарячим водопостачанням з ваннами в квартирах завдовжки більше ніж 1500 мм.

Вихідні дані до розрахунків наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Вихідні дані до розрахунків навантажень на ГВП

Варіант завдання	Кількість житлових будинків	Параметри для одного будинку		
		Кількість квартир $N_{\text{кв}}$, шт.	Кількість споживачів U , людей	Довжина трубопроводів ГВП $l_{\text{w,k}}$, м
1	10	30	105	190
2	8	90	315	410
3	7	126	441	560
4	5	108	378	480
5	8	60	210	305
6	9	84	294	400
7	11	91	319	420
8	6	135	473	585
9	8	56	196	280
10	9	85	298	400
11	7	144	504	615
12	10	78	273	380
13	9	84	294	390
14	11	96	336	440
15	12	45	158	240

2.3. Теплова схема котельні

Тип котельні – опалювальна водогрійна з приготуванням води на ГВП усередині котельні.

Система теплопостачання – замкнута.

Паливо – природний газ.

Температурний графік теплової мережі – (95 / 70) °C.

Типи котлів - компанії VIESSMANN.

Завдання:

Скласти принципову теплову схему котельні та описати її роботу.

Сформулювати вихідні дані до розрахунку схеми.

Виконати розрахунок теплової схеми котельні для трьох характерних режимів.

3. СКЛАД, ОБСЯГ І СТРУКТУРА РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

Розрахункова робота складається з двох частин:

- *частина перша* – *розрахунки теплових навантажень* житлових будівель на опалення (максимальних потоків – за втратами теплоти зовнішніми огороженнями; середніх потоків та річних витрат теплоти); середні та максимальні за добу витрати гарячої води та потоки теплоти споживачами (середні і максимальні), річні витрати теплоти на ГВП.

- *частина друга* – *теплова схема котельні* – складання і опис принципової теплової схеми опалювальної водогрійної котельні для замкненої теплопостачання з приготуванням води на ГВП усередині котельні, формування вихідних даних і розрахунки схеми для трьох характерних режимів; вибір оптимальної кількості водогрійних котлів).

Обсяг і структура розрахункової роботи наведені в представлених нижче методиках визначення теплових навантажень споживачів і розрахунках теплової схеми котельні.

4. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

4.1. Розрахунки теплових навантажень на опалення житлових будинків

За кліматологічними даними для заданого в завданні населеного пункту необхідно визначити наступні величини [1]:

- тривалість опалювального періоду n_o , діб;
- температуру зовнішнього повітря у холодний період року, ° С:
- розрахункову для опалення $t_{p.o}$;
- середню опалювального періоду $t_{cp.o}$;
- середню найбільш холодного місяця $t_{cp.x.m}$.

Ці величини наведені і в табл. ДА.1 дод. А.

За заданими геометричними характеристиками необхідно визначити площі всіх зовнішніх огорожень, m^2 , для одного будинку.

Перший поверх:

- поверхні вікон, m^2
- північний та південний фасади

$$F_{\text{вік.Пн}} = F_{\text{вік.Пд}} = (a_v \times h_v) n_{\text{вік.ф}}; \quad (4.1)$$

- західний та східний фасади

$$F_{\text{вік.З}} = F_{\text{вік.С}} = (a_v \times h_v) n_{\text{вік.ф}}. \quad (4.2)$$

- поверхні стін, m^2
- північний та південний фасади

$$F_{\text{ст.Пн}} = F_{\text{ст.Пд}} = a (H_{\text{п}} + \delta_{\text{пер}}) - F_{\text{вік.Пн}}; \quad (4.3)$$

- західний та східний фасади

$$F_{\text{ст.З}} = F_{\text{ст.С}} = b (H_{\text{п}} + \delta_{\text{пер}}) - F_{\text{вік.З}}. \quad (4.4)$$

- внутрішні розміри підлоги, м
- довжина

$$a_{\text{пл}} = a - (2 \delta_1 / 1000); \quad (4.5)$$

- ширина

$$b_{пл} = b - (2 \delta_1 / 1000). \quad (4.6)$$

Другий – передостанній поверхи:

- поверхні вікон, m^2

- північний та південний фасади – для кожного поверху ($F_{вік.Пн} = F_{вік.Пд}$)

за формулою (4.1);

- західний та східний фасади – для кожного поверху ($F_{вік.З} = F_{вік.С}$) за формулою (4.2).

- поверхні стін, m^2

- північний та південний фасади – для кожного поверху ($F_{ст.Пн} = F_{ст.Пд}$)

за формулою (4.3);

- західний та східний фасади – для кожного поверху ($F_{ст.З} = F_{ст.С}$) за формулою (4.4).

Останній поверх:

- поверхні вікон, m^2

- північний та південний фасади – ($F_{вік.Пн} = F_{вік.Пд}$) за формулою (4.1);

- західний та східний фасади – ($F_{вік.З} = F_{вік.С}$) за формулою (4.2).

- поверхні стін, m^2

- північний та південний фасади

$$F_{ст.Пн} = F_{ст.Пд} = a (H_{п} + \delta_2 + \delta) - F_{вік.Пн}; \quad (4.7)$$

- західний та східний фасади

$$F_{ст.З} = F_{ст.С} = b (H_{п} + \delta_2 + \delta) - F_{вік.З}. \quad (4.8)$$

- поверхня перекриття, m^2

$$F_{пер} = [a - (2 \delta_1 / 1000)] \cdot [b - (2 \delta_1 / 1000)]. \quad (4.9)$$

За довідковими даними [2] необхідно визначити термічні опори теплопередачі зовнішніх огорожень, $(m^2 \cdot K) / Вт$:

- неутеплених зовнішніх стін $r_{ст}^{н.у} = (1 / K_{ст})$;

- перекриття $r_{пер} = (1 / K_{пер})$;

- світлопрозорих конструкцій $r_{вік.}$

Ці ж величини наведені і в табл. ДА.2 – ДА.4 дод. А.

Термічний опір теплопередачі утеплених зовнішніх стін, (м²·К) / Вт, визначається за формулою

$$r_{\text{ст}}^y = r_{\text{ст}}^{\text{н.у}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}}. \quad (4.10)$$

Розрахункова різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, °С, визначається за формулою

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}} \quad (4.11)$$

Втрати потоків теплоти через зовнішні стіни, перекриття останнього поверху, світлопрозорі конструкції, які складаються з основних та додаткових, кВт, розраховуються для кожного з названих елементів огорожувальної конструкції за формулою

$$Q_{\text{обг.і}} = (1/r_i) F_i \Delta t_i (1 + \Sigma\beta)_i n_i \cdot 10^{-3}, \quad (4.12)$$

де $\Sigma\beta$ – додаткові втрати теплоти в частках до основних; n_i – поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур, залежить від геометричного положення елемента огорожувальної конструкції або його типу.

Значення додаткових втрат теплоти у частках до основних при виконанні розрахункової роботи беруть для зовнішніх вертикальних стін та вікон, які орієнтовані за напрямками, звідки в січні дме вітер зі швидкістю, що перевищує 4,5 м/с з повторюваністю не менше як 15 % – 0,05 при швидкості вітру до 5 м/с і 0,10 – при швидкості 5 м/с і більше.

Характеристики вітру у січні (повторюваність напрямку, %, та середня швидкість, м/с) при орієнтації зовнішніх огорожень на північ, південь, захід, схід, для деяких міст України наведені в [1]. Ці ж дані наведені і в табл. ДА.5 дод. А.

Для перекриття останнього поверху додаткові втрати теплоти не враховуються, тобто для цього огороження $\Sigma\beta = 0$.

Поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур слід взяти наступним:

- для вертикальних стін і вікон та перекриттів без горищ $n_i = 1$;
- для перекриттів з горищами $n = 0,9$.

При визначенні втрат потоків теплоти через підлогу першого поверху її площу необхідно поділити на 4 зони, які паралельні зовнішнім стінам, шириною по 2 м (для першої, другої та третьої зон, а для четвертої – все, що залишилося) – див. рис.4.1.

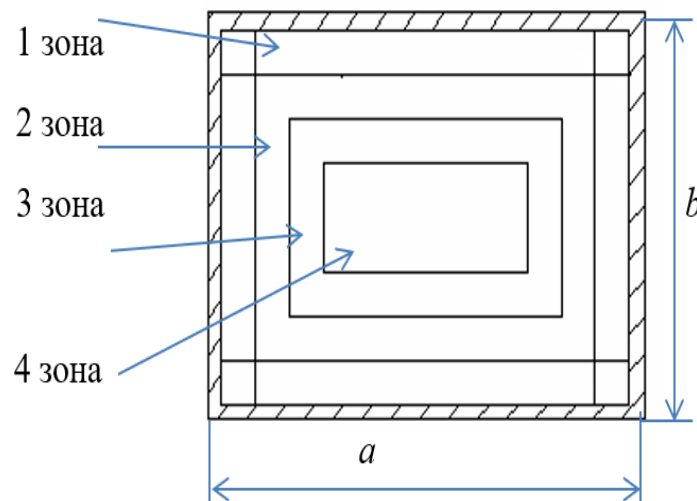


Рисунок 4.1 – Поділ площі підлоги на зони

Втрати потоків теплоти для утепленої підлоги, що розташована на лагах, кВт, визначають за формулою

$$Q_{\text{втр.п}} = \sum \frac{F_i}{r_{y,i}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}) n_i \cdot 10^{-3}, \quad (n_i = 1) \quad (4.13)$$

де F_i – площі окремих зон підлоги, м^2 ; $r_{y,i}$ – термічні опори теплопередачі окремих зон утепленої підлоги на лагах, $(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$.

Термічні опори теплопередачі окремих зон утепленої підлоги на лагах визначаються за формулою

$$r_{yi} = 1,18(r_{\text{н.}yi} + \sum \frac{\delta_y}{\lambda_y}), \quad (4.14)$$

де $r_{н.у\ i}$ – термічні опори теплопередачі окремих зон неутепленої підлоги, $(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$; δ_y – товщина утеплювача підлоги, м; λ_y – теплопровідність матеріала утеплювача підлоги, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Термічні опори теплопередачі окремих зон неутепленої підлоги (згідно з довідковою літературою) складають:

- для першої зони – $r_{н.у\ 1} = 2,15 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для другої зони – $r_{н.у\ 2} = 4,3 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для третьої зони – $r_{н.у\ 3} = 8,6 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для четвертої зони – $r_{н.у\ 4} = 14,2 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

В розрахунковій роботі взяти, що утеплювач підлоги – гравій керамзитовий товщиною $\delta_y = 0,1$ м, теплопровідністю $\lambda_y = 0,14 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Тоді згідно з формулою (4.14) термічні опори теплопередачі окремих зон утепленої підлоги на лагах для розрахункової роботи складуть:

- для першої зони – $r_{y\ 1} = 3,38 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для другої зони – $r_{y\ 2} = 5,92 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для третьої зони – $r_{y\ 3} = 11,0 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для четвертої зони – $r_{y\ 4} = 17,6 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

Порядок розрахунків втрат потоків теплоти через підлогу*:

а) За формулами (4.5), (4.6) визначають внутрішні розміри підлоги $a_{пл}$ і $b_{пл}$ відповідно;

б) Визначають площі підлоги окремих зон, м^2 (див. рис. 4.1)

- для першої зони, м^2

$$F_1 = 2 (a_{пл}^2 + b_{пл}^2), \quad (4.15)$$

при цьому в площі першої зони її кутові елементи розмірами 2×2 , м^2 , враховуються двічі;

Для другої та третьої зон при визначенні довжини a_i та ширини b_i від попередніх розмірів віднімається по 4 м, а від отриманої площі зони необхідно відняти площі чотирьох кутових елементів розмірами 2×2 , м^2 , тобто 16 м^2 .

- для другої зони, м^2

$$F_2 = 2 [(a_{\text{пл}} - 4) 2 + (b_{\text{пл}} - 4) 2] - 16; \quad (4.16)$$

- для третьої зони, м^2

$$F_3 = 2 [(a_{\text{пл}} - 8) 2 + (b_{\text{пл}} - 8) 2] - 16; \quad (4.17)$$

- для четвертої зони, м^2

$$F_4 = (a_{\text{пл}} b_{\text{пл}}) - [(F_1 - 16) + F_2 + F_3]. \quad (4.18)$$

Приклад 1. Розрахувати площі окремих зон підлоги будівлі розмірами в плані $a = 25$ м, $b = 12$ м при товщині стінки несучої частини $\delta_1 = 500$ мм, та навести формулу для визначення втрат теплоти через підлогу, кВт.

а) За формулами (4.5) і (4.6) визначаються внутрішні розміри підлоги:

- довжина

$$a_{\text{пл}} = 25 - (2 \cdot 500 / 1000) = 24 \text{ м};$$

- ширина

$$b_{\text{пл}} = 12 - (2 \cdot 500 / 1000) = 11 \text{ м};$$

б) За формулою (4.15) визначається площа підлоги першої зони

$$F_1 = 2 (24 \cdot 2 + 11 \cdot 2) = 140 \text{ м}^2;$$

в) За формулою (4.16) визначається площа підлоги другої зони

$$F_2 = 2 [(24 - 4) 2 + (11 - 4) 2] - 16 = 92 \text{ м}^2;$$

г) За формулою (4.17) визначається площа підлоги третьої зони

$$F_3 = 2 [(24 - 8) 2 + (11 - 8) 2] - 16 = 60 \text{ м}^2;$$

д) За формулою (4.18) визначається площа підлоги четвертої зони

$$F_4 = (24 \cdot 11) - [(140 - 16) + 92 + 60] = - 12 \text{ м}^2.$$

Оскільки площа підлоги четвертої зони є від'ємною, то для даного прикладу площа підлоги матиме три зони, при цьому площі першої та другої

з них відповідають раніше визначеним ($F_1 = 140 \text{ м}^2$, $F_2 = 92 \text{ м}^2$), а площу підлоги третьої зони необхідно визначити за формулою

$$F_3 = (a_{\text{пл}} b_{\text{пл}}) - [(F_1 - 16) + F_2]; \quad (4.19)$$

$$F_3 = (24 \cdot 11) - [(140 - 16) + 92] = 48 \text{ м}^2.$$

е) Втрати потоку теплоти через підлогу, кВт, визначаються за формулою

$$Q_{\text{втр.п}} = \sum \left(\frac{F_1}{r_{y1}} + \frac{F_2}{r_{y2}} + \frac{F_3}{r_{y3}} \right) (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}) \cdot 10^{-3}; \quad (4.20)$$

$$Q_{\text{втр.п}} = \sum \left(\frac{140}{3,38} + \frac{92}{5,92} + \frac{48}{11,00} \right) (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}) \cdot 10^{-3}.$$

Приклад 2. Розрахувати площі окремих зон підлоги будівлі розмірами в плані $a = 15 \text{ м}$, $b = 31 \text{ м}$ при товщині стінки несучої частини $\delta_1 = 500 \text{ мм}$, та навести формулу для визначення втрат теплоти через підлогу, кВт.

а) За формулами (4.5) і (4.6) визначаються внутрішні розміри підлоги:

- довжина

$$a_{\text{пл}} = 15 - (2 \cdot 500 / 1000) = 14 \text{ м};$$

- ширина

$$b_{\text{пл}} = 31 - (2 \cdot 500 / 1000) = 30 \text{ м};$$

б) За формулою (4.15) визначається площа підлоги першої зони

$$F_1 = 2 (14 \cdot 2 + 30 \cdot 2) = 176 \text{ м}^2;$$

в) За формулою (4.16) визначається площа підлоги другої зони

$$F_2 = 2 [(14 - 4) 2 + (30 - 4) 2] - 16 = 128 \text{ м}^2;$$

г) За формулою (4.17) визначається площа підлоги третьої зони

$$F_3 = 2 [(14 - 8) 2 + (30 - 8) 2] - 16 = 96 \text{ м}^2;$$

д) За формулою (4.18) визначається площа підлоги четвертої зони

$$F_4 = (14 \cdot 30) - [(176 - 16) + 128 + 96] = 36 \text{ м}^2.$$

е) Втрати потоку теплоти через підлогу, кВт, визначаються за формулою

$$Q_{\text{втр.п}} = \sum \left(\frac{F_1}{r_{y1}} + \frac{F_2}{r_{y2}} + \frac{F_3}{r_{y3}} + \frac{F_4}{r_{y4}} \right) (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}) \cdot 10^{-3}; \quad (4.21)$$

$$Q_{\text{втр.п}} = \sum \left(\frac{176}{3,38} + \frac{128}{5,92} + \frac{96}{11,00} + \frac{36}{17,6} \right) (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}) \cdot 10^{-3}.$$

Результати розрахунків утрат потоків теплоти зовнішніми огороженнями одного будинку наведені в табл. 4.1.

** Сумарні втрати потоку теплоти через зовнішні огороження для всього будинку, кВт, (див. останню строку в табл. 4.1), визначаються за формулою

$$\Sigma Q_{\text{ог.буд}} = \Sigma Q_1 + (n_{\text{пов}} - 2) \Sigma Q_i + \Sigma Q_{\text{п.пов}}. \quad (4.22)$$

Потік теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщень через вікна, балконні двері тощо, кВт:

а) для одного поверху будівлі, кВт, розраховується за формулою

$$Q_{\text{інфі}} = (m/3600) c_{\text{п}} \rho_{\text{п}} F_{\text{п}} h (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}), \quad (4.23)$$

де m – кратність повітрообміну, год^{-1} (для житлових будівель можна взяти $m = (0,5 - 1 \text{ год}^{-1})$); $c_{\text{п}}$ – питома масова теплоємність повітря, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, яку можна взяти $1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; $\rho_{\text{п}}$ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$, яку можна наближено взяти $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$; $F_{\text{п}}$ – площа підлоги приміщення житлових кімнат та кухонь одного поверху, м^2 , яку в розрахунках можна приблизно взяти $(0,75 \text{ а } b, \text{ м}^2)$; h – висота приміщення від підлоги до стелі, м, але не більше ніж 3,5 м.

б) для всього будинку, кВт, розраховується за формулою

$$Q_{\text{інф}} = Q_{\text{інфі}} n_{\text{пов}}. \quad (4.24)$$

Таблиця 4.1. Результати розрахунків утрат потоків теплоти зовнішніми огороженнями одного будинку

Зовнішнє огородження	Орієнтація за сторонами світу	Поверхня огородження $F_i, \text{м}^2$	Розрахункова різниця температур $\Delta t_i, ^\circ\text{C}$	Термічний опір теплопередачі $r_i, (\text{м}^2 \cdot \text{K})/\text{Вт}$	Додаткові втрати теплоти $\Sigma\beta$	Втрати теплоти через огородження $Q_{\text{обг.}i}, \text{кВт}$
1	2	3	4	5	6	7
Перший поверх						
Зовнішня стіна	Пн	ϕ (4.3)	$t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}$	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	Пн	ϕ (4.1)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Зовнішня стіна	Пд	ϕ (4.3)	Те саме	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	Пд	ϕ (4.1)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Зовнішня стіна	З	ϕ (4.4)	Те саме	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	З	ϕ (4.2)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Зовнішня стіна	С	ϕ (4.4)	Те саме	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	С	ϕ (4.2)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Підлога	Див. окремий розрахунок*					ϕ (4.13)
Сумарні втрати теплоти для першого поверху						ΣQ_1
Другий – передостаній поверхи						
Зовнішня стіна	Пн	ϕ (4.3)	$t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}$	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	Пн	ϕ (4.1)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Зовнішня стіна	Пд	ϕ (4.3)	Те саме	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	Пд	ϕ (4.1)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Зовнішня стіна	З	ϕ (4.4)	Те саме	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	З	ϕ (4.2)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Зовнішня стіна	С	ϕ (4.4)	Те саме	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	С	ϕ (4.2)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Сумарні втрати теплоти для одного з поверхів						ΣQ_i
Останній поверх						
Зовнішня стіна	Пн	ϕ (4.7)	$t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}$	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	Пн	ϕ (4.1)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Зовнішня стіна	Пд	ϕ (4.7)	Те саме	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	Пд	ϕ (4.1)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Зовнішня стіна	З	ϕ (4.8)	Те саме	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	З	ϕ (4.2)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Зовнішня стіна	С	ϕ (4.8)	Те саме	ϕ (4.10)		ϕ (4.12)
Вікна	С	ϕ (4.2)	Те саме	$r_{\text{вік}}$		ϕ (4.12)
Перекриття	-	ϕ (4.9)	$(t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) n$	$r_{\text{пер}}$	-	ϕ (4.12)
Сумарні втрати потоку теплоти для останнього поверху						$\Sigma Q_{\text{п.пов}}$
Сумарні втрати потоку теплоти для всього будинку**						$\Sigma Q_{\text{ог.буд}}$

Сумарні втрати потоку теплоти для одного будинку, кВт, визначаються за формулою

$$Q_{\text{буд } i} = \Sigma Q_{\text{ог.буд}} + Q_{\text{інф}}. \quad (4.25)$$

Розрахункові потоки теплоти на опалення всіх житлових будинків, кВт, визначаються за формулою

$$\Sigma Q_o^{\text{max}} = Q_{\text{буд } i} \cdot n_{\text{буд}}. \quad (4.26)$$

Середній потік на опалення всіх будівель, кВт, визначається за формулою

$$Q_{\text{ср.о}} = \Sigma Q_o \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}}. \quad (4.27)$$

Річна витрата теплоти на опалення всіх житлових будинків, МДж/рік, визначається за формулою

$$Q_{\text{річ.о}} = Q_{\text{ср.о}} n_o \cdot 24 \cdot 3,6. \quad (4.28)$$

4.2. Розрахунки витрат гарячої води і теплових навантажень на гаряче водопостачання групи житлових будинків для проектування автономної котельні

4.2.1. Витрати гарячої води

Середні (за рік) добові витрати води на ГВП для групи житлових будинків, м³/добу, визначаються за формулою [3,4]

$$G_T^h = a U n_{\text{буд}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.29)$$

де a – розрахункова (питома середня за рік) добова витрата гарячої води в житлових будинках, л/добу, на одного мешканця (споживача).

Для вибору за довідковими даними величини a спочатку необхідно

визначити до якого кліматичного району відноситься заданий в розрахунках населений пункт.

Нагадаємо, що в Україні виділено п'ять кліматичних районів:

I – Північно-західний (Полісся, Лісостеп), до якого відносяться Вінницька, Волинська, Житомирська, Київська, Львівська, Полтавська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Харківська, Хмельницька, Черкаська, Чернігівська області;

II – Південно-східний (Степ), до якого відносяться АР Крим (за винятком південного берегу Криму та Кримських гір), Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Кіровоградська, Луганська, Миколаївська, Одеська, Херсонська області;

III – Українські Карпати, до якого відносяться Івано-Франківська, Закарпатська, Чернівецька області;

IV – Південний берег Криму;

V – Кримські гори.

Надалі за табл. Д А.6 дод. А для заданої в розрахунковій роботі системи гарячого водопостачання визначається добова витрата гарячої води на одного споживача a , л/добу, а за формулою (4.29) – добова витрата води на ГВП для групи житлових будинків G_T^h , м³/добу.

Середня за годину розрахункова витрати гарячої води споживачами групи житлових будинків, м³/год, визначається за формулою

$$g_T^h = G_T^h / T, \quad (4.30)$$

де T – тривалість водорозбору гарячої води споживачами, год/добу, для житлових будівель беруть $T = 24$ год/добу.

Максимально добові витрати гарячої води споживачами групи житлових будинків, м³/добу, визначають за формулою

$$G_{\max}^h = G_T^h k_d, \quad (4.31)$$

де k_d – коефіцієнт максимальної добової нерівномірності споживання гарячої води.

Для обчислення величини k_d спочатку за табл. Д А.7 дод. А необхідно визначити розрахункову (середню за годину) витрату гарячої води одним приладом g_T^h , л/год, а потім за табл. 4.2 у залежності від цієї величини та від кількості споживачів – коефіцієнт k_d .

Таблиця 4.2. Коефіцієнт максимальної добової нерівномірності k_d у залежності від середніх добових витрат гарячої води g_T^h , л/год, і кількості приладів (N) або споживачів (U) [3,4]

N або U	Значення k_d при різних величинах g_T^h , л/год					
	<10	10-15	15-20	20-30	30-80	>80
Менше 50	1,77	1,61	1,53	1,41	1,17	1,10
50-200	1,53	1,44	1,36	1,28	1,13	1,10
201-500	1,53	1,38	1,31	1,24	1,13	1,10
501-1000	1,51	1,36	1,27	1,22	1,12	1,10
1001-5000	1,47	1,32	1,26	1,20	1,12	-
5001-10000	1,45	1,31	1,25	1,19	-	-
10001-50000	1,40	1,28	1,23	1,18	-	-

Наприклад, для житлових будівель обирається санітарний прилад з найбільшим значенням витрати гарячої води. Таким приладом з усіх наведених в табл. Д А.7 дод. А є ванна завдовжки 1500 – 1700 мм, для якої величина $g_T^h = 13$ л/год. Надалі за табл. 4.2 за цією величиною та кількістю споживачів ($\Sigma U = n_{\text{буд}} U$) і визначається коефіцієнт k_d , а за формулою (4.31) – величина G_{max}^h .

Максимально секундні (g^h , л/с) і максимально годинні (g_{hr}^h , м³/год) витрати гарячої води споживачами групи житлових будинків визначаються при розрахунковій середній добовій витраті води 250 л/добу на одну людину (сумарно холодної та гарячої води) за табл. Д А.8 дод. А у залежності від кількості споживачів ΣU .

Наприклад, для десяти житлових будинків кількість споживачів гарячої води складає $\Sigma U = 2100$ людей. Тоді згідно з табл. Д А.8 дод. А розрахункові витрати води складуть:

- максимально секундні $g^h = 9,115$ л/с;
- максимально годинні $g_{hr}^h = 26,35$ м³/год.

Розрахункову мінімальну витрату гарячої води за годину для групи житлових будинків, м³/год, визначають за формулою

$$g_{hr\min}^h = g_T^h k_{\min}, \quad (4.32)$$

де $k_{\min}$ – коефіцієнт мінімального водоспоживання, який визначається за табл. 4.3 у залежності від коефіцієнта максимального водоспоживання $k_{\max}$, що обчислюється за формулою

$$k_{\max} = g_{hr}^h / g_T^h. \quad (4.33)$$

Таблиця 4.3. Залежність коефіцієнта $k_{\min}$ від коефіцієнта $k_{\max}$

$k_{\max}$	1	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	>3,00
$k_{\min}$	1	0,74	0,54	0,40	0,29	0,21	0,14	0,10	0,07	0,04	0,02

Наприклад, для кількості споживачів гарячої води групи житлових будинків $\Sigma U = 2100$ людей були визначена величини $g_T^h = 8,75$ м³/год і $g_{hr}^h = 26,35$ м³/год, тоді коефіцієнт $k_{\max} = 26,35 / 8,75 = 3,01$, а за табл. 4.3 $k_{\min} = 0,04$. Згідно з формулою (4.32) мінімальна витрата гарячої води для всіх житлових будинків складе

$$g_{hr\min}^h = 8,75 \cdot 0,04 = 0,35 \text{ м}^3/\text{год}.$$

4.2.2. Теплові навантаження на гаряче водопостачання

Середній за годину потік теплоти на гаряче водопостачання для групи житлових будинків за добу з урахуванням теплових втрат трубопроводами, кВт, визначається за формулою

$$Q_T^h = 1,163 g_T^h (55 - t^c) + Q^{ht}, \quad (4.34)$$

де t^c – температура холодної водопровідної води, °С (в розрахунках беремо $t^c = 5$ °С); Q^{ht} – теплові втрати на розрахунковій ділянці, кВт.

Теплові втрати трубопроводами групи житлових будинків, кВт, визначаються за формулою

$$Q^{ht} = (q_{w,k} l_{w,k} + q_{w,s} l_{w,s}) n_{\text{б\textsubscript{уд}}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.35)$$

де $q_{w,k}$ – питомі теплові втрати трубопроводів, які прокладені в підвалах, техпідпіллях, на горищі будівель, Вт/м; $q_{w,s}$ – питомі теплові втрати трубопроводів, які прокладені в шахтах, каналах, штрабах будівель, Вт/м; $l_{w,k}$ – довжина всіх трубопроводів гарячого водопостачання, які прокладені в підвалах, техпідпіллях, на горищі будівель, м; $l_{w,s}$ – довжина всіх трубопроводів гарячого водопостачання, які прокладені в шахтах, каналах, штрабах будівель, м.

Для умов розрахункової роботи беремо, що трубопроводи ГВП прокладені в підвалі чи техпідпіллі будівель, довжина яких для одного будинку $l_{w,k}$, м, задана в табл. 2.2 вихідних даних, тоді формула (4.35) матиме вигляд

$$Q^{ht} = q_{w,k} l_{w,k} n_{\text{б\textsubscript{уд}}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.35a)$$

при цьому питомі теплові втрати для таких ізольованих трубопроводів складатимуть $q_{w,k} = 11$ Вт/м [3,4].

Після визначення за формулою (4.35a) величини Q^{ht} , за формулою (4.35) обчислюється середній потік теплоти на ГВП для групи житлових будинків, кВт.

Максимальний за годину потік теплоти на гаряче водопостачання за добу максимального водоспоживання для групи житлових будинків, з урахуванням теплових втрат трубопроводами, кВт, визначають за формулою

$$Q_{hr}^h = 1,163 g_{hr}^h (55 - t^c) + Q^{ht}. \quad (4.36)$$

Річна витрата теплоти на гаряче водопостачання для групи житлових будинків, МДж/рік, визначається за формулою

$$Q_{hwr} = T Q_T^h n_{hw} \quad 3,6, \quad (4.37)$$

де n_{hw} - число робочих діб системи гарячого водопостачання за рік, можна брати 350 діб/рік урахуванням 15-денної перерви на ревізію, гідравлічні випробовування та ремонт теплових мереж.

Результати розрахунків теплових навантажень споживачів рекомендується звести до таблиць.

Таблиця 4.4. Розрахункові потоки теплоти споживачами, кВт

Навантаження	Позначення	Значення величини
Розрахунковий потік теплоти на опалення будинків	$\Sigma Q_o^{\max}$	
Середній за добу потік теплоти на гаряче водопостачання споживачів житлових будинків	Q_T^h	
Сумарний розрахунковий потік теплоти на опалення і гаряче водопостачання споживачів	ΣQ	

Таблиця 4.5. Річні витрати теплоти споживачами, МДж/рік

Навантаження	Позначення	Значення величини
Річна витрата теплоти на опалення будинків	$Q_{річ.о}$	
Річна витрата теплоти на гаряче водопостачання споживачів житлових будинків	Q_{hwr}	
Сумарне річне навантаження споживачів	$\Sigma Q_{річ}$	

4.3. Теплова схема котельні

4.3.1. Опис теплової схеми

Принципова теплова схема опалювальної водогрійної котельні для закритої системи теплопостачання з приготуванням води на ГВП усередині котельні наведена на рис. Д1 дод.

В розрахунковій роботі необхідно навести рисунок, наприклад скопіювавши або відсканувавши його, нижче рисунка дати повну розшифровку всіх позицій, а потім навести назву рисунка (Рисунок 2.1 – Принципова теплова схема опалювальної водогрійної котельні для закритої системи теплопостачання).

Надалі, користуючись матеріалом, наведеним у розділі 2 [3], описується робота теплової схеми.

4.3.2. Вихідні дані для розрахунку теплової схеми

Вихідні дані складаються, а наступний розрахунок теплової схеми виконується, для трьох характерних режимів:

I – максимальний зимовий при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення $t_{p.o}$;

II – режим з середньою температурою найбільш холодного місяця $t_{cp.x.m}$;

III – літній режим [5].

1. Температура повітря усередині опалювальних приміщень (режими I - II) $t_b^p = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Температура зовнішнього повітря t_3 , $^{\circ}\text{C}$:

- режим I – $t_3 = t_{p.o}$;

- режим II – $t_3 = t_{cp.x.m}$ (середня температура найбільш холодного місяця);

- в точці зламу температурного графіка теплової мережі

$$t_{3.зл} = t_b^p - 0,3455 (t_b^p - t_{p.o}).$$

3. Максимальний (розрахунковий) відпуск теплоти на опалення будівель (режим I) $\sum Q_o^{\max}$, МВт – (див. табл. 4.4).

4. Середня за добу витрата теплоти на гаряче водопостачання Q_T^h , МВт – (див. табл. 4.4).

5. Максимальна температура подавальної мережної води (режим I) – $t_{1\max}$, $^{\circ}\text{C}$ (згідно з вихідними даними).

6. Максимальна температура поворотної мережної води (режим I) – $t_{2\max}$, °C (згідно з вихідними даними).

7. Температура сирі води на вході в котельню, T_1 , °C:

- режими I-II: $T_{13} = 5$ °C;

- режим III: $T_{1л} = 15$ °C.

8. Температура сирі води перед установкою водопідготовки: $T_3 = 5$ °C (для режимів I-II); $T_3 = 15$ °C (для режиму III).

9. Питомий об'єм води в системі тепlopостачання відносно сумарного відпуску теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання (для всіх режимів) $g_{\text{сист}} = 35000$ кг / МВт.

10. Коефіцієнт зниження витікання води в системі тепlopостачання:

$k_{\text{вит}} = 1$ (режими I-II);

$k_{\text{вит}} = 0,5$ (режим III).

11. Коефіцієнт власних потреб водопідготовчої установки

$k_{\text{х.в}}^{\text{в.п}} = 1,1-1,25$ (для всіх режимів); беремо $k_{\text{х.в}}^{\text{в.п}} = 1,2$.

12. Розрахункова температура гарячої води в системі централізованого гарячого водопостачання при закритій системі тепlopостачання (для всіх режимів) $t_{\text{г.в}}^3 = 55$ °C.

13. Температура поворотної мережної води від підігрівників гарячої води в літній період (режим III) – $t_{\text{м.п}}^{\text{г.в}} = 35$ °C.

4.3.3. Методика розрахунку теплової схеми

1. Коефіцієнт зниження потоку теплоти на опалення залежно від температури зовнішнього повітря

$$k_{\text{о.в}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}}. \quad (4.38)$$

2. Потік теплоти на опалення, МВт

$$Q_o = \sum Q_o^{\max} k_{\text{о.в}}. \quad (4.39)$$

3. Потік теплоти на гаряче водопостачання Q_T^h , МВт.

4. Температура мережної води на виході з котельні, °С

$$t_1 = 20 + 62,5k_{o.B}^{0,8} + 12,5k_{o.B}. \quad (4.40)$$

5. Температура поворотної мережної води після опалення, °С

$$t_2^{o.B} = t_1 - 25 k_{o.B}. \quad (4.41)$$

6. Розрахункова витрата мережної води на опалення, кг/с

$$G_o = \frac{Q_o \cdot 10^3}{c_B(t_1 - t_2^{o.B})}, \quad (4.42)$$

де c_B – теплоємність води, кДж/(кг·К); беремо $c_B = 4,187$ кДж/(кг·К).

7. Витрата води на гаряче водопостачання у споживачів (при заданій схемі приготуванні води на ГВП усередині котельні), кг/с

$$G_{Г.В}^{сп} = \frac{Q_{hr}^h \cdot 10^3}{c_B(t_{Г.В}^3 - T_1)}. \quad (4.43)$$

8. Витрата нагрівальної води на водонагрівальну установку ГВП, кг/с

- у зимових режимах

$$G_{Г.В} = \frac{Q_{hr}^h \cdot 10^3}{c_B(t_1 - t_2^{o.B})}; \quad (4.44)$$

- у літньому режимі

$$G_{Г.В} = \frac{Q_{hr}^h \cdot 10^3}{c_B(t_{13л} - t_{М.П}^{Г.В})}. \quad (4.45)$$

9. Розрахункова витрата мережної води на виході з котельної, кг/с

$$G_M = G_o \quad (4.46)$$

10. Витрата води для підживлення на заповнення витікань в тепловій мережі (постійна величина для режимів I - II), кг/с

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (\sum Q_o^{\text{max}} + Q_T^h) g_{\text{сист}} k_{\text{вит}}. \quad (4.47)$$

11. Витрата поворотної мережної води на вході в котельню, кг/с

$$G_{\text{п.м}} = G_{\text{м}} - G_{\text{вит}}. \quad (4.48)$$

12. Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами, МВт

$$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = k_{\text{вл.п}} (Q_o + Q_T^h), \quad (4.49)$$

де $k_{\text{вл.п}}$ – коефіцієнт власних потреб котельні, який враховує потоки теплоти на опалення та гаряче водопостачання котельні (в розрахунковій роботі взяти величину $k_{\text{вл.п}} = 1,05$).

Результати розрахунків теплової схеми для трьох режимів наведені в табл. 4.6.

4.3.4. Вибір типу та кількості водогрійних котлів

В котельнях систем децентралізованого та помірно-централізованого теплопостачання встановлюються водогрійні котли малої теплопродуктивності з вимушеною однократною циркуляцією води [3]. Гідравлічний опір котлів в наведеній на рис. Д 1 тепловій схемі котельні долається котловими насосами.

В розрахунковій роботі пропонується за визначеною величиною сумарного відпуску теплоти від котельні $Q_{\text{к}}^{\text{в}}$, МВт (див. формулу (4.49)), обрати водогрійні котли компанії VIESSMANN. Це можуть бути, наприклад, котли VITOMAX 100-LW тип M148, характеристики яких наведені в [6].

Також можна обрати котли і інших компаній, наприклад, Buderus, Protherm, Kolbi тощо [7].

Необхідна кількість котлів, компл., визначається за формулою

$$N_{\text{к.в}} = Q_{\text{к}}^{\text{в}} / Q_{\text{к.ном}}, \quad (4.50)$$

Таблиця 4.6. Результати розрахунку теплової схеми котельні

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для режимів		
			I	II	III
1	2	3	4	5	6
1. Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення залежно від температури зовнішнього повітря	$k_{o,v}$	-			-
2. Потік теплоти на опалення	Q_o	МВт			-
3. Потік теплоти на гаряче водопостачання	Q_T^h	МВт			
4. Температура мережної води на виході з котельні	t_1	°С			
5. Температура поворотної мережної води після опалення та вентиляції	$t_2^{o,v}$	°С			-
6. Розрахункова витрата мережної води на опалення	G_o	кг/с			-
7. Витрата води на гаряче водопостачання у споживачів	$G_{г.в}^{сп}$	кг/с			
8. Витрата нагрівальної води на водонагрівальну установку ГВП	$G_{г.в}$	кг/с			
9. Розрахункова витрата мережної води на виході з котельної	G_m	кг/с			
10. Витрата води для підживлення на заповнення витікань в тепловій мережі	$G_{вит}$	кг/с			
11. Витрата поворотної мережної води на вході в котельну	$G_{п.м}$	кг/с			
12. Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами	$Q_k^в$	МВт			
13. Кількість встановлених водогрійних котлів	$N_{вст}$	компл.			
14. Кількість працюючих котлів	$N_{пр.в}$	компл.			
15. Відсоток завантаження працюючих котлів	$K_{зав}$	%			

де Q_k^B – сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами, який отриманий при розрахунку теплової схеми котельні для максимально зимового режиму, МВт; $Q_{k,ном}$ – номінальна теплопродуктивність одного водогрійного котла, МВт.

Отримане значення величини $N_{к.в}$ заокруглюються до найбільшого цілого числа.

Остаточний вибір типу та кількості котлів здійснюється за максимальним коефіцієнтом завантаження, %, який повинен бути не меншим за 30 %

$$K_{зав} = (Q_k^B / N_{к.в} Q_{к,ном}) 100. \quad (4.51)$$

Кількість обраних котлів повинна бути не менше двох і не більше п'яти, тобто $5 \leq N_{к.в} \leq 2$.

Технічні характеристики котлів наводяться у вигляді таблиці (див., наприклад, табл. 4.7).

Приклад 3. В результаті розрахунку теплової схеми котельні отримана величина сумарного потоку теплоти, що відпускається водогрійними котлами $Q_k^B = 2,34 \text{ МВт}$.

Вибрати марку та необхідну кількість встановлених водогрійних котлів VITOMAX 100-LW тип M148.

Розв'язання. В каталогі котла даного типу [6] наведені номінальні теплопродуктивності $Q_k^{ном} = 0,65; 0,85; 1,1; 1,4; 1,8; 2,3; 2,9; 3,5; 4,2; 5,0; 6,0$ МВт.

До розгляду беремо котли теплопродуктивністю 0,65; 0,85; 1,1; 1,4 МВт.

Визначаємо необхідну кількість і коефіцієнт завантаження котлів:

- варіант 1

$$N_{к.в} = \frac{2,34}{0,65} = 4 \text{ компл.}; \quad k_{зав}^B = \frac{2,34}{4 \cdot 0,65} \cdot 100 = 90,0 \%;$$

Таблиця 4.7. Технічні характеристики обраних котлів

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини
1. Номінальна теплопродуктивність	$Q_{к.ном}$	МВт	
2. Мінімальна теплопродуктивність	$Q_{к.мін}$	МВт	
3. Коефіцієнт корисної дії	η_k	%	
4. Номінальна витрата води через котел	$G_k^{ном}$	кг/с	
5. Аеродинамічний опір	ΔP_r	кПа	
6. Гідравлічний опір	ΔP_b	кПа	
7. Розрахункова витрата палива	B_k	м ³ /год (кг/год)	
8. Мінімальна температура відхідних газів	t'_r	°С	
9. Габаритні розміри	довжина	мм	
	ширина	мм	
	висота	мм	

- *варіант 2*

$$N_{к.в} = \frac{2,34}{0,85} = 3 \text{ компл.}; \quad k_{зав}^в = \frac{2,34}{3 \cdot 0,85} \cdot 100 = 91,8 \, \%.$$

- *варіант 3*

$$N_{к.в} = \frac{2,34}{1,1} = 3 \text{ компл.}; \quad k_{зав}^в = \frac{2,34}{3 \cdot 1,1} \cdot 100 = 70,9 \, \%;$$

- *варіант 4*

$$N_{к.в} = \frac{2,34}{1,4} = 2 \text{ компл.}; \quad k_{зав}^в = \frac{2,34}{2 \cdot 1,4} \cdot 100 = 83,6 \, \%.$$

Остаточно за більшою величиною коефіцієнта завантаження обираємо 3 котли VITOMAX 100-LW тип M148 номінальною теплопродуктивністю одного з них 0,85 МВт.

5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

Розрахункову роботу оформлюють на аркушах формату А 4 (210x297 мм) машинописним (за допомогою комп'ютерної техніки) способом на одному боці аркуша білого паперу шрифтом Times New Roman 14 пунктів, міжрядковий інтервал 1,5 Lines. Текст розрахункової роботи слід друкувати, додержуючись таких розмірів берегів: верхній, лівий і нижній — не менше 20 мм, правий — не менше 10 мм.

Першим аркушем розрахункової роботи є титульний аркуш (див. дод. Б), другим – зміст (див. дод. В), третім – завдання на розрахункову роботу, а далі розділи і підрозділи, що наведені в змісту, а останнім аркушем – список використаної літератури.

Номери сторінок проставляють у їх правому верхньому куті без крапки в кінці. Титульний аркуш включають в загальну нумерацію сторінок, але номер сторінки на цьому аркуші не проставляють, тобто перша цифра номеру сторінки (2) буде проставлена на змісту.

Текст розрахункової роботи поділяють на розділи, підрозділи, пункти та підпункти [8].

Розділи (починаються з нової сторінки) і підрозділи повинні мати заголовки. Пункти, як правило, заголовків не мають.

Заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка і друкувати великими жирними літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи.

Заголовки підрозділів слід починати з абзацного відступу і друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без крапки в кінці.

Пункти та підпункти також починають з абзацного відступу.

Формули розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині сторінки. Вище і нижче кожної формули або рівняння повинно бути залишено не менше одного вільного рядка.

Всі формули нумеруються в межах кожного розділу арабськими цифрами, які занотовують на рівні формули справа в круглих дужках. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули, які розділені крапкою.

В формулах як символи слід застосовувати позначення, що встановлені відповідними стандартами. Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули, слід наводити безпосередньо під ними у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі. Пояснення значення кожного символу та числового коефіцієнта слід давати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки.

Слід мати на увазі, що в формулах і поясненнях до них літери латинського алфавіту позначаються курсивом, грецькі символи і літери кирилиці та безрозмірні критерії і числа – прямі.

Рисунки (ілюстрації) в розрахунковій роботі слід розміщувати безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання у тексті.

Ілюстрації повинні мати найменування та підрисунковий текст. Слово «Рисунок» розміщують після пояснювальних даних.

Ілюстрації нумерують арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою. Після номера ілюстрації ставиться тире і наводиться її назва.

Таблиці розташовують безпосередньо після тексту, у якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті розрахункової роботи.

Таблиці нумеруються арабськими цифрами в межах розділу, при цьому її номер складається з номера розділу та порядкового номеру таблиці, які розділяються крапками. Після номера таблиці ставиться дефіс і її назва.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф. Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
2. Боженко М.Ф. Водогрійні котельні для систем децентралізованого та помірно-централізованого теплопостачання [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф. Боженко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,021 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 170 с.
3. ДБН В.2.5-64:2012 «ВНУТРІШНІЙ ВОДОПРОВІД ТА КАНАЛІЗАЦІЯ. ЧАСТИНА І. ПРОЄКТУВАННЯ. ЧАСТИНА ІІ. БУДІВНИЦТВО». Чинні від 2013 – 03 - 01. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 122 с.
4. ДБН В. 2.5–77:2014 «КОТЕЛЬНІ». Чинні від 2015 – 01 – 01. - Київ: Мінрегіон України, 2014. – 61 с.
5. Каталог водогрійних котлів VITOMAX 100-LW [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://teplovik.net/uploads/pub/dokumentu/Viessmann-Vitomax-100-LW.pdf> (Дата звернення).
6. Промислові газові котли [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://teplovik.net/ua/catalog/217/promyshlennyye-gazovyye-kotly/page/3> (Дата звернення).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів від пожежі. Будівельна кліматологія. – Чинний від 2011-11-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
2. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф. Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
3. Боженко М.Ф. Водогрійні котельні для систем децентралізованого та помірно-централізованого теплопостачання [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф. Боженко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,021 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 170 с.
4. ДБН В.2.5-64:2012 «ВНУТРІШНІЙ ВОДОПРОВІД ТА КАНАЛІЗАЦІЯ. ЧАСТИНА І. ПРОЄКТУВАННЯ. ЧАСТИНА ІІ. БУДІВНИЦТВО». Чинні від 2013 – 03 - 01. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 122 с.
5. ДБН В. 2.5–77:2014 «КОТЕЛЬНІ». Чинні від 2015 – 01 – 01. - Київ: Мінрегіон України, 2014. – 61 с.
6. Каталог водогрійних котлів VITOMAX 100-LW [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://teplovik.net/uploads/pub/dokumentu/Viessmann-Vitomax-100-LW.pdf> (Дата звернення).
7. Промислові газові котли [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://teplovik.net/ua/catalog/217/promyshlennyye-gazovye-kotly/page/3> (Дата звернення).
8. ДСТУ 3008-95. Документація, Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.

ДОДАТОК А. ДОВІДКОВО-НОРМАТИВНІ ТАБЛИЦІ

Таблиця ДА.1. Параметри зовнішнього повітря деяких міст України [1]

Населений пункт	Град. пн. ш.	Холодний період року											Теплий період року			
		Температура, °С					Період із середньодобовою температурою				Розрахункова відносна вологість повітря (в січні), %	Розрахункова швидкість вітру (в січні), м/с	Температура, °С		Розрахункова відносна вологість повітря (в липні), %	Розрахункова швидкість вітру (в липні), м/с
		Середня найхолоднішого місяця ($t_{\text{ср.х.м}}$)	Найхолоднішої доби забезпеченістю		Найхолоднішої ятиденки забезпеченістю		$\leq 8\text{ }^{\circ}\text{C}$		$\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$				Найжаркішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99 ($t_{\text{р.в.т}}$)	Найжаркішої доби забезпеченістю 0,95 ($t_{\text{р.кл.т}}$)		
			0,98	0,92	0,98	0,92 ($t_{\text{р.о}}$)	Тривалість, діб (n_{o})	Середня температура, °С ($t_{\text{ср.о}}$)	Тривалість, діб	Середня температура, °С						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Вінниця	49°19'	-5,1	-29	-26	-25	-21	182	-0,2	202	0,6	85	3,9	23	27	73	3,0
Дніпро	48°22'	-4,7	-29	-27	-26	-24	172	-0,2	188	0,6	86	5,2	26	30	64	3,8
Донецьк	48°04'	-5,2	-29	-27	-24	-22	176	-0,5	192	0,3	86	5,3	26	30	63	3,5
Житомир	50°17'	-5,1	-29	-25	-24	-22	184	-0,2	203	0,5	85	4,5	23	27	74	3,1
Запоріжжя	47°48'	-3,5	-27	-24	-23	-21	166	0,6	182	1,4	85	2,7	26	30	63	1,7
Івано-Франківськ	48°54'	-4,3	-26	-24	-22	-20	179	0,4	200	1,2	83	2,9	22	27	75	2,6
Київ	50°24'	-4,7	-29	-26	-25	-22	176	-0,1	195	0,7	83	2,8	23	28	69	2,1

Продовження табл. ДА.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Кіровоград	48°30'	-4,9	-30	-26	-25	-22	175	-0,3	192	0,5	86	4,3	25	29	66	3,4
Луганськ	48°34'	-5,0	-32	-29	-27	-25	172	-0,4	188	0,4	82	3,0	26	30	63	1,9
Луцьк	50°45'	-4,2	-27	-24	-22	-20	180	0,3	201	1,1	86	4,2	23	27	74	2,9
Львів	49°49'	-4,0	-25	-24	-20	-19	179	0,4	201	1,2	84	4,0	23	27	75	2,8
Миколаїв	46°58'	-2,6	-26	-23	-22	-20	161	1,1	178	2,0	84	4,0	25	30	61	3,3
Одеса	46°26'	-1,3	-24	-21	-20	-18	158	2,0	178	3,0	82	4,1	25	29	67	2,9
Полтава	49°36'	-5,6	-30	-27	-25	-23	178	-0,8	195	0,0	85	4,1	25	29	66	2,8
Рівне	50°35'	-4,6	-27	-25	-22	-21	182	0,1	202	0,6	86	4,5	23	27	75	3,3
Сімферополь	44°57'	-0,3	-22	-20	-18	-15	154	2,6	175	3,5	84	5,0	25	28	63	4,0
Суми	50°53'	-6,6	-30	-29	-27	-25	187	-0,4	204	-0,6	86	4,4	24	28	72	3,1
Тернопіль	49°33'	-5,0	-26	-24	-22	-20	184	-0,2	205	0,6	85	4,2	22	26	74	2,9
Ужгород	48°38'	-2,4	-25	-23	-21	-18	154	1,4	175	2,5	82	2,2	27	30	67	2,3
Харків	49°56'	-5,9	-31	-28	-26	-23	179	-1,0	196	-0,2	84	4,4	25	29	66	3,3
Херсон	46°38'	-2,5	-27	-23	-23	-19	163	1,3	181	2,2	85	3,9	26	30	62	2,9
Хмельницький	49°26'	-4,9	-26	-25	-22	-21	183	-0,1	203	0,7	86	4,4	22	27	75	3,1
Феодосія	45°02'	1,2	-22	-19	-17	-15	142	3,6	163	4,3	82	4,1	26	30	65	3,1
Черкаси	49°26'	-5,0	-29	-26	-24	-21	178	-0,3	195	0,5	84	4,3	24	28	70	3,0
Чернівці	48°16'	-4,1	-26	-24	-22	-20	175	0,5	196	1,4	83	3,8	24	27	72	3,2
Чернігів	51°24'	-5,9	-31	-28	-27	-23	187	-0,9	204	-0,2	85	4,2	23	27	72	3,2
Ялта	44°24'	4,1	-10	-8	-7	-6	126	5,3	152	6,1	64	2,5	26	31	60	2,1

Таблиця ДА.2. Коефіцієнти теплопередачі ($K_{ст}$) для зовнішніх стін з внутрішньою штукатуркою

Конструкція стіни	Товщина δ_1 , мм	$K_{ст}$, Вт/(м ² К)
Цегляна на важкому розчині ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$)	265	2,05
	395	1,54
	525	1,23
Цегляна на легкому розчині ($\rho = 1700 \text{ кг/м}^3$)	395	1,47
	525	1,17
	655	0,98
Цегляна з повітряним прошарком ($\delta_{п} = 50 \text{ мм}$) на важкому розчині	435	1,35
	565	1,07
Цегляна з повітряним прошарком ($\delta_{п} = 50 \text{ мм}$) на легкому розчині	435	1,24
	565	1,02
3 великих шлакобетонних блоків	300	1,08
	400	0,85
	500	0,71
Двошарова з монолітною залізобетонною оболонкою	-	0,91
Одношарова з безавтоклавною золопінобетону	-	0,93
Цегляно-бетонна	395	1,48
	525	1,16
	655	0,94
3 сілікатної цегли на важкому розчині	265	2,16
	395	1,64
	525	1,33
3 діркової цегли на важкому розчині	395	1,30
	525	1,04
	655	0,83

Таблиця ДА.3. Коефіцієнти теплопередачі (K_p) для перекриттів

Тип перекриття, утеплювача	Товщина утеплювача δ , мм	K_p , Вт/(м ² К)
Перекриття з горищами		
Залізобетонне, утеплювач-шлак	100	1,69
	150	1,30
	200	1,07
Залізобетонне, утеплювач-трепел	100	1,21
	150	0,90
	200	0,72
Збірні залізобетонні панелі, утеплювач-шлак	100	1,24
	150	1,05
	200	0,88
Збірні залізобетонні панелі, утеплювач трепел	100	0,98
	150	0,80
	200	0,63
Покриття без горищ		
Залізобетонний двухпустотний збірний настил, утеплювач-пінобетотон або піносілікат	40	1,59
	60	1,36
	80	1,17
	100	1,04
	120	0,92
	140	0,84
	160	0,76
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами		
Паркетна підлога по залізобетонному перекриттю, утеплювач - шлак	100	1,20
	150	1,07
	200	0,90
	250	0,78
Паркетна підлога по залізобетонному перекриттю, утеплювач – трепел	100	1,00
	150	0,78
	200	0,64
	250	0,53

Таблиця ДА.4. Приведений опір теплопередачі склопакетів

Кількість камер у склопакеті	Варіанти скління*	Газовий склад середовища склопакетів, %			Опір теплопередачі, (м ² ·К)/Вт
		Повітря	Криптон	Аргон	
1	2	3	4	5	6
1	4M ₁ - 8 - 4M ₁	100			0,28
1	4M ₁ - 10 - 4M ₁	100			0,29
1	4M ₁ - 12 - 4M ₁	100			0,30
1	4M ₁ - 16 - 4M ₁	100			0,32
1	4M ₁ - 8 - 4M ₁			100	0,30
1	4M ₁ - 10 - 4M ₁			100	0,31
1	4M ₁ - 12 - 4M ₁			100	0,32
1	4M ₁ - 16 - 4M ₁			100	0,34
1	4M ₁ - 16 - 4M ₁		100		0,38
1	4M ₁ - 8 - 4K	100			0,47
1	4M ₁ - 10 - 4K	100			0,49
1	4M ₁ - 12 - 4K	100			0,51
1	4M ₁ - 16 - 4K	100			0,53
1	4M ₁ - 8 - 4K			100	0,53
1	4M ₁ - 10 - 4K			100	0,55
1	4M ₁ - 12 - 4K			100	0,57
1	4M ₁ - 16 - 4K			100	0,59
1	4M ₁ - 16 - 4K		100		0,62
1	4K - 16 - 4K		100		0,67
1	4M ₁ - 8 – 4i	100			0,51
1	4M ₁ - 10 – 4i	100			0,53
1	4M ₁ - 12 – 4i	100			0,56
1	4M ₁ - 16 – 4i	100			0,59
1	4M ₁ - 8 – 4i			100	0,57
1	4M ₁ - 10 – 4i			100	0,60
1	4M ₁ - 12 – 4i			100	0,63
1	4M ₁ - 16 – 4i			100	0,66
1	4M ₁ - 16 – 4i		100		0,75
1	4M ₁ - 16 – 4i		75	25	0,72
1	4M ₁ - 16 – 4i		50	50	0,70
1	4M ₁ - 16 – 4i		25	75	0,67
2	4M ₁ -6-4M ₁ -6-4M ₁	100			0,42
2	4M ₁ -8-4M ₁ -8-4M ₁	100			0,45
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4M ₁	100			0,47
2	4M ₁ -12-4M ₁ -12-4M ₁	100			0,49
2	4M ₁ -16-4M ₁ -16-4M ₁	100			0,52
2	4M ₁ -6-4M ₁ -6-4M ₁			100	0,44
2	4M ₁ -8-4M ₁ -8-4M ₁			100	0,47
2	4M ₁ -8-4M ₁ -8-4M ₁		100		0,51

Продовження таблиці ДА.4

1	2	3	4	5	6
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4M ₁			100	0,49
2	4M ₁ -12-4M ₁ -12-4M ₁			100	0,52
2	4M ₁ -16-4M ₁ -16-4M ₁			100	0,55
2	4M ₁ -6-4M ₁ -6-4K	100			0,53
2	4M ₁ -8-4M ₁ -8-4K	100			0,55
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4K	100			0,59
2	4M ₁ -12-4M ₁ -12-4K	100			0,61
2	4M ₁ -16-4M ₁ -16-4K	100			0,65
2	4M ₁ -6-4M ₁ -6-4K			100	0,60
2	4M ₁ -8-4M ₁ -8-4K			100	0,62
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4K			100	0,65
2	4M ₁ -12-4M ₁ -12-4K			100	0,68
2	4M ₁ -16-4M ₁ -16-4K			100	0,72
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4K		100		0,85
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4K		75	25	0,82
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4K		50	50	0,80
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4K		25	75	0,78
2	4K-10-4M ₁ -10-4K	100			0,73
2	4M ₁ -10-4K-10-4K		100		1,28
2	4K-10-4M ₁ -10-4K		100		1,32
2	4M ₁ -8-4M ₁ -8-4i	100			0,61
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4i	100			0,64
2	4M ₁ -12-4M ₁ -12-4i	100			0,68
2	4M ₁ -16-4M ₁ -16-4i	100			0,72
2	4M ₁ -6-4M ₁ -6-4i			100	0,64
2	4M ₁ -8-4M ₁ -8-4i			100	0,67
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4i			100	0,71
2	4M ₁ -12-4M ₁ -12-4i			100	0,75
2	4M ₁ -16-4M ₁ -16-4i			100	0,80
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4i		100		0,94
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4i		75	25	0,90
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4i		50	50	0,85
2	4M ₁ -10-4M ₁ -10-4i		25	75	0,78
2	4i-10-4M ₁ -10-4i	100			0,93
2	4i-10-4M ₁ -10-4i		100		1,35
2	4i-10-4M ₁ -10-4i		75	25	1,28
2	4i-10-4M ₁ -10-4i		50	50	1,18
2	4i-10-4M ₁ -10-4i		25	75	1,14

*Примітки: 1. Порядок скління – від зовнішньої поверхні.
2. Позначення скла: M₁ – листове стандартне, K – енергозберігаюче з твердим покриттям, i – енергозберігаюче з м'яким покриттям.

Таблиця Д А.5. Характеристика вітру у січні для деяких міст України

Місто	Повторюваність напрямку вітру, % Середня швидкість вітру, м/с							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Вінниця	10,1/4,3	5,6/3,3	7,4/3,0	11,1/3,3	13,7/3,4	14,7/3,4	22,6/4,7	14,8/5,0
Дніпропетровськ	14,9/5,0	11,1/5,0	11,0/4,9	10,1/5,0	11,7/5,1	13,7/4,9	17,6/5,0	9,9/5,6
Донецьк	7,2/4,2	10,3/4,2	14,3/5,3	18,9/5,4	11,0/4,5	14,3/4,9	16,6/5,3	7,4/4,7
Житомир	7,6/3,6	5,1/3,1	6,6/3,5	9,5/3,8	14,4/4,3	15,4/4,4	24,0/5,2	17,4/4,7
Запоріжжя	14,5/2,3	11,7/2,0	10,9/2,4	10,7/2,9	12,9/2,0	13,6/2,1	14,9/2,4	10,8/2,4
Івано-Франківськ	3,5/3,3	1,8/2,0	13,9/3,4	17,1/3,5	5,4/2,8	11,9/3,7	27,1/4,9	19,3/4,8
Київ	11,2/3,2	4,6/2,0	5,8/1,7	11,9/2,0	14,1/2,7	14,0/3,0	23,5/3,0	14,9/2,9
Кіровоград	13,0/4,2	6,3/3,6	9,5/4,0	10,6/4,3	16,0/4,5	10,0/4,2	16,8/4,3	17,8/4,2
Луганськ	2,7/2,1	7,0/2,2	22,0/3,5	11,7/2,9	9,8/3,1	14,3/3,1	23,8/2,8	8,7/2,5
Луцьк	4,6/3,4	3,5/3,0	10,3/3,9	13,1/3,9	15,4/4,0	16,4/4,5	26,1/4,9	10,6/4,5
Львів	4,4/3,6	3,5/2,9	8,5/3,4	19,8/4,1	8,0/3,5	15,5/4,5	27,9/5,1	12,4/4,5
Миколаїв	19,6/3,8	12,9/3,9	12,2/3,8	7,2/3,5	14,3/3,7	8,0/3,5	13,0/3,7	12,8/3,5
Одеса	21,4/3,7	14,1/4,9	8,4/5,0	4,0/4,1	8,0/3,0	12,4/2,6	16,3/2,4	15,4/3,0
Полтава	9,0/3,1	10,0/2,9	11,9/3,5	8,7/2,8	14,7/3,2	14,9/3,4	20,2/3,6	10,6/3,6
Рівне	5,1/3,6	3,0/2,9	9,9/3,9	13,1/3,9	11,4/4,0	15,2/4,8	34,2/5,8	8,1/5,1
Сімферополь	5,6/3,7	30,1/5,8	13,4/4,7	6,9/3,8	18,7/4,6	13,7/5,4	8,2/4,1	3,4/3,7
Суми	7,8/3,7	6,3/3,0	10,0/3,9	15,3/4,3	16,1/4,5	14,4/4,6	18,6/4,8	11,5/4,4
Тернопіль	6,3/3,4	3,1/2,3	6,0/3,0	19,4/4,0	12,5/3,5	10,1/4,2	28,6/5,7	14,0/5,0
Ужгород	9,6/3,3	3,4/2,2	12,1/2,7	36,9/3,2	12,2/2,5	3,1/2,0	7,3/2,0	15,4/3,0
Харків	8,0/4,5	8,2/4,2	15,3/4,7	12,5/4,2	10,7/4,4	15,8/4,6	18,9/4,6	10,6/4,2
Херсон	13,7/4,2	14,6/3,8	13,8/3,2	8,5/2,6	10,4/2,8	12,2/2,8	14,9/3,3	11,9/3,9
Хмельницький	7,2/4,6	4,6/3,6	6,3/3,6	15,3/4,5	18,6/4,8	10,1/4,3	21,2/5,7	16,7/5,5
Умань, Черкаська обл.	11,0/3,1	6,0/2,4	10,3/2,3	11,9/2,4	12,1/2,4	6,6/2,1	19,7/2,4	22,4/4,3
Чернівці	5,3/3,2	1,0/1,9	27,7/3,3	10,0/3,1	8,2/2,4	5,4/2,6	17,4/4,5	25,0/4,7
Чернігів	7,6/4,1	5,9/3,6	9,2/3,5	8,5/3,9	17,4/4,5	19,8/4,4	19,7/4,4	11,9/4,3
Ялта	10,5/2,2	14,6/3,1	12,1/2,4	4,6/1,5	6,6/1,7	11,4/1,8	24,0/1,6	16,2/2,1

Таблиця Д А.6. Розрахункові (питомі середні за рік) витрати води в житлових будинках, л/добу, на одного мешканця [3,4]

Житлові будинки	Кліматичні райони			
	I		II, III та IV	
	Витрата води, л/добу			
	зага- льна	у тому числі гаряча	зага- льна	у тому числі гаряча
З водопроводом і каналізацією без ванн	100	40	110	45
Те саме з газопостачанням	120	48	135	55
З водопроводом, каналізацією і ваннами з водопідігрівачами, які працюють на твердому паливі	150	60	170	70
Те саме з газовими водонагрівачами	210	85	235	95
З централізованим гарячим водопоста- чанням і сидячими ваннами	230	95	260	105
Те саме з ваннами завдовжки більше ніж 1500 мм	250	100	285	115

Таблиця Д А.7. Розрахункові (середні за годину) витрати води для різних видів санітарно-технічного обладнання [3,4]

Прилад	Розрахункова (середня за годину) витрата холодної (g_T^c) і гарячої (g_T^h) води одним приладом, л/год			
	житлові будинки	лазні, пральні, виробничі приміщення, майстерні, гаражі	навчальні заклади, загальноосвітні установи, адміністративні будівлі НДІ	готелі, гуртожитки, школи інтернати, об'єкти фізкультурного призначення
Мийка (у тому числі лабораторна) зі змішувачем (у тому числі на гнучкому шлангу)	4+6	4+6	8+12	6+9
Те саме з аератором	3+5	3+5	6+9	5+7
Мийка з краном гарячої та холодної води	-	-	-	50+50
Душ індивідуального користування	5+7	150+150	-	12+13
Сидяча ванна	6+9	100+100	-	11+17
Ванна завдовжки 1500 – 1700 мм	9+13	125+125	-	11+17
Гігієнічний душ (біде)	0,5+0,5	0,5+0,5	0,5+0,5	0,5+0,5
Унітаз зі змивним бачком	4	12	14	12
Унітаз зі змивним краном	4	12	14	12
Ванна для ніг зі змішувачем	-	100+100	-	25+25
Умивальник зі змішувачем	2+3	10+10	2+3	4+6
Раковина лабораторна, водорозбірна колонка	10	20	20	20
Раковина зі змішувачем	4+6	8+12	8+12	8+12
Посудомийна машина побутова	58	-	-	-
Пральна машина побутова	50	-	-	-

Таблиця Д А.8. Розрахункові максимальні секундні (g^h , л/с) та за годину (g_{hr}^h , м³/год) витрати води в житлових будинках у залежності від кількості споживачів (U) при розрахунковій середній добовій витраті води 250 л/добу на одну людину (сумарно холодної та гарячої води) [3,4]

U	g^h	g_{hr}^h	U	g^h	g_{hr}^h	U	g^h	g_{hr}^h
1	0,25	0,23	168	1,34	2,97	3600	14,20	42,60
4	0,27	0,24	176	1,38	3,09	3800	14,90	44,70
8	0,31	0,36	184	1,42	3,20	4000	15,50	46,80
12	0,35	0,45	192	1,46	3,32	4400	16,80	51,00
16	0,39	0,54	200	1,50	3,43	4800	18,10	55,10
20	0,42	0,63	240	1,71	3,99	5200	19,30	59,20
24	0,45	0,71	280	1,91	4,55	5600	20,50	63,20
28	0,49	0,78	320	2,10	5,09	6000	21,80	67,20
32	0,52	0,86	360	2,29	5,63	6400	23,00	71,20
36	0,55	0,93	400	2,48	6,16	6800	24,20	75,20
40	0,57	1,00	480	2,84	7,21	7200	25,40	79,20
44	0,60	1,07	560	3,19	8,23	7600	26,60	83,10
48	0,63	1,14	640	3,54	9,25	8000	27,80	87,00
52	0,66	1,20	720	3,88	10,03	10000	33,60	106
56	0,68	1,27	800	4,21	11,20	12000	39,20	125
60	0,71	1,34	880	4,53	12,20	14000	44,80	144
64	0,74	1,40	960	4,86	13,20	16000	50,20	162
68	0,76	1,47	1040	5,17	14,20	18000	55,60	180
72	0,79	1,53	1120	5,49	15,10	20000	60,90	198
76	0,81	1,59	1200	5,80	16,10	22000	66,20	216
80	0,84	1,66	1400	6,56	18,4 0	24000	71,30	234
88	0,88	1,78	1600	7,31	20,70	26000	76,50	251
96	0,93	1,91	1800	8,04	23,00	28000	81,60	269
104	0,98	2,03	2000	8,76	25,2 0	30000	86,60	289
112	1,03	2,15	2200	9,47	27,5 0	32000	91,70	303
120	1,07	2,27	2400	10,20	29,7 0	34000	96,60	320
128	1,12	2,39	2600	10,90	31,90	36000	102	337
136	1,16	2,51	2800	11,50	34,00	38000	107	354
144	1,21	2,63	3000	12,20	36,20	40000	111	371
152	1,25	2,74	3200	12,90	38,40			
160	1,29	2,86	3400	13,50	40,50			

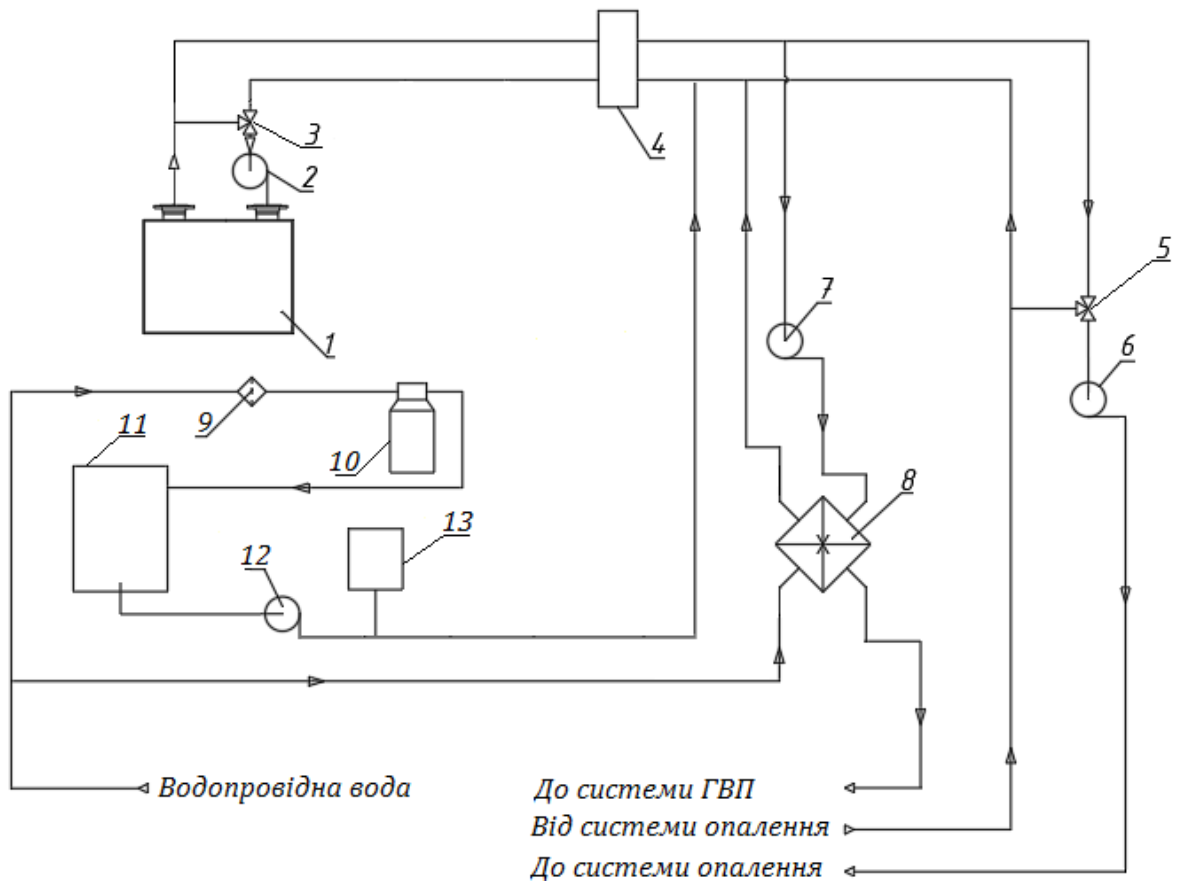


Рисунок Д 1. Принципова теплова схема опалювальної водогрійної котельні:

- 1 – водогрійний котел; 2 – циркуляційний котловий насос; 3 – триходовий клапан; 4 – гідралічний розподільувач; 5 – триходовий клапан; 6 – насос мережної води; 6 – триходовий клапан; 7 – насос циркуляції ГВП; 8 – підігрівач води ГВП; 9 – механічний фільтр; 10 – установка хімводопідготовки; 11 – бак запасу хімічно підготлвленої води; 12 – насоси підживлення; 13 – установка хімічної корекції рН і CO_2

ДОДАТОК Б. ТИТУЛЬНИЙ АРКУШ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

Р О З Р А Х У Н К О В А Р О Б О Т А

з освітнього компонента

«Енергоефективні системи опалення і вентиляції»

на тему:

«АВТОНОМНІ КОТЕЛЬНІ»

Студента (ки) IV курсу групи ТУ – __

Спеціальності 144 «Теплоенергетика»
ОПП «Теплоенергетика та теплоенергетичні
установки електростанцій»

Керівник _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Київ – 20__

ДОДАТОК В. ЗМІСТ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

ЗМІСТ

Завдання на розрахункову роботу.....	3
1. Розрахунки теплових навантажень на опалення житлових будинків.....	5
2. Розрахунки витрат гарячої води і теплових навантажень на гаряче водопостачання житлових будинків для проектування автономної котельні.....	13
2.1. Витрати гарячої води для одного житлового будинку.....	15
2.2. Теплові навантаження на гаряче водопостачання.....	17
3. Теплова схема котельні.....	19
3.1. Опис теплової схеми.....	19
3.2. Вихідні дані для розрахунку теплової схеми.....	22
3.3. Розрахунок теплової схеми.....	25
3.4. Вибір типу та кількості водогрійних котлів.....	26
Список використаної літератури.....	27

Примітка: Номери сторінок на змісту наведені довільно.