

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
КОЛЕДЖ**

Для спеціальності:
5.06010113 “Монтаж, _____
обслуговування
устаткування і систем
газопостачання” _____

**Методичний посібник для виконання практичних робіт
з навчальної дисципліни
ОПАЛЕННЯ**

2016 р.

Методичний посібник для самостійної роботи студента з дисципліни «Опалення» для студентів спеціальності “Монтаж, обслуговування устаткування і систем газопостачання” / Укладач: Кукса А.М. – ХДПК, 2016.

Методичний посібник розглянутий та рекомендований цикловою комісією
“Монтаж, обслуговування устаткування і систем газопостачання” та
економіки

(назва циклової комісії)

Протокол № _____ від “ ____ ” _____ 20____ р.

Голова циклової комісії _____ (____ Т. В. Гузєва ____)

(Підпис)

(прізвище та ініціали)

Схвалено методичною радою Харківського державного політехнічного
коледжу

Протокол № _____ від “ ____ ” _____ 20____ р.

Голова методичної ради _____ (____ В. О. Величко ____)

(Підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.....	4
Практична робота № 1 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої огороджувальної конструкції житлового будинку.	5
Практична робота № 2 Визначення втрат теплоти приміщеннями житлового будинку.....	8
Практична робота № 3 Підбір, розрахунок площі поверхні нагріву, визначення кількості елементів нагрівальних приладів водяних систем опалення.....	12
Практична робота № 4 Конструювання системи водяного опалення із штучною циркуляцією теплоносія.	16
Практична робота № 5 Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення із штучною циркуляцією теплоносія.	19
ДОДАТК 1. Завдання для виконання практичних робіт	22
ДОДАТК 2. Крітерії оцінювання виконання практичних робіт	26
ЛІТЕРАТУРА	27

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Виконання практичних розрахунків ґрунтується на теоретичних знаннях.

Практичне заняття ставить за мету на основі засвоєння системних знань включати студентів у різні види самостійної діяльності - практичної, інтелектуальної, предметної.

Практична діяльність студентів забезпечує використання ними знань, умінь і навичок у різних ситуаціях: роботі з мікрокалькулятором, обладнанням, вимірювальними приладами.

Інтелектуальна діяльність студентів у процесі виконання практичної роботи - це бачення й виправлення своїх помилок, перенесення з одного предмета на інший, діагностування й моделювання навчально - пізнавальної діяльності.

Практична робота проводиться відповідно до навчальної програми і її виконання є обов'язковим. Вона має велике значення для розкриття дидактичного принципу зв'язку теорії з практикою, розвитку пізнавальних здібностей і самостійності студентів, формування у них умінь і навичок, необхідних для роботи в галузі газової промисловості.

Практичне заняття передбачає попередню теоретичну підготовку студентів. На заняття відводиться, як правило дві академічні години (тривалість визначається навчальною програмою, але може коригуватися викладачем). Завдання, які винесені на практичне заняття, виконуються всією групою, при цьому форма діяльності студентів може бути індивідуальною, груповою, фронтальною.

Для більш повного вивчення матеріалу рекомендується звернутися до літератури, перелік якої наведено у списку літератури.

Увага! Для правильного и повного сприйняття методик розрахунку, більшість практичних робіт, пов'язані між собою. Наприклад, для виконання Практичної роботи №2 необхідні данні, які були отримані студентом в розрахунках попередньої практичної роботи.

Для виконання розрахунків, кожен студент повинен використовувати вихідні дані, відповідно до його варіанту. Перелік варіантів наведено в додатку 1.

Більшість розрахунків рекомендується виконувати з використанням прикладного програмного забезпечення, наприклад табличного редактора LibreOffice Calc або Microsoft Office Excel.

Всі роботи повинні мати наступну структуру:

1. Номер та тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Хід роботи (Основні розрахунки або опис).
4. Висновки (Повинно буди відображено результати розрахунків)

Всі роботи виконуються на аркушах формату А4 з додержанням відповідних вимог до оформлення практичних робіт. По закінченню учбового семестру, студент складає звіт з виконання практичних робіт у відповідній формі.

Практична робота № 1 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої огорожувальної конструкції житлового будинку.

Мета роботи: Засвоїти методику виконання теплотехнічного розрахунку зовнішньої огорожувальної конструкції житлового будинку.

Рекомендації:

1. У відповідності до варіанту завдання складаємо таблицю вихідних даних. За даними додатку 1, Табл..8

Табл. 1.1 Кліматологічні характеристики та параметри мікроклімату будинку.

Номер завдання	Найменування пункту будівництва	Зовнішнє повітря					Внутрішнє повітря	
		Температура, °C				Зона воло - гості	Темпера -тура $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Воло -гість
		Абсолю тно міні-мальна t_a	Середн я най-більш холодної доби $t_{х.с}$	Середня п'яти най-більш холодно-них діб $t_{х.п.}$	Середн я най-більш холодно-ного періоду $t_{п.}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Харків	-36	-28	-23	-11	С	18	65

За даними додатку 1, Табл.. 9, та за даними [11,12] виписуємо характеристики стінової конструкції будинку.

Табл. 1.2 Теплотехнічні властивості будівельних матеріалів.

№	Характеристика або розрахункова величина	Позначення	Значення
1	2	3	4
1	Влогісний режим приміщення		Нормальний
2	Зона вологості, в якій розташовано місто		Сухий
3	Умови експлуатації огорожуючих конструкцій		А
4	Матеріал стіни:	кг/м ³	
	1 шар (внутрішня штукатурка) вапняно-піщаний розчин	ρ_1	1600
	2 шар цегла глиняна звичайна	ρ_2	1800
	3 шар (утеплювач) пінополістерол	ρ_3	150
	4 шар силікатна цегла	ρ_4	1800
	5 шар (зовнішня штукатурка) цементно-піщаний розчин	ρ_5	1800

5	Коефіцієнт теплопровідності матеріалу	Вт/м·К	
---	---------------------------------------	--------	--

	1 шар	λ_1	0,7
	2 шар	λ_2	0,7
	3 шар	λ_3	0,05
	4 шар	λ_4	0,76
	5 шар	λ_5	0,76

2. Виконуємо теплотехнічний розрахунок стінової конструкції.

Розрахунки виконуємо за методикою, яку наведено в [7, 12].

Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, R_o , ($\text{м}^2\text{°C/Вт}$), повинен бути не менш необхідного опору теплопередачі $R_q^{\min}$, що для зовнішніх конструкцій (стін, перегородок, перекриттів), та заповнення світлових прорізів (вікон, балконних дверей), визначають відповідно до вимог [7, 12].

Оскільки м. Харків знаходиться в першій кліматологічній зоні, а стінова конструкція будинку цегельна повнотіла, то відповідно: $R_q^{\min} = 3,3$ ($\text{м}^2\text{°C/Вт}$); Величину опору теплопередачі багат шарової загороджуючої конструкцій, R_o , ($\text{м}^2\text{°C/Вт}$), визначається по формулі:

$$R_o = R_b + R_k + R_n, \text{ де}$$

$$R_n = \frac{1}{\alpha_n} = 1/23 = 0,04 \text{ ((м}^2\text{°C/Вт))};$$

$$R_b = \frac{1}{\alpha_b} = 1/8,7 = 0,11 \text{ ((м}^2\text{°C/Вт))};$$

де α_n - коефіцієнт тепловіддачі для зимових умов зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій, $\text{Вт/((м}^2\text{°C))}$; для зовнішніх стін і безгорищних покриттів $\alpha_n = 23$;

α_b - коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні стінових конструкцій, $\text{Вт/((м}^2\text{°C))}$, $\alpha_b = 8,7$;

R_k - термічний опір огорожувальних конструкцій, ($\text{м}^2\text{°C/Вт}$), визначаємо по формулі:

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3 + \dots;$$

де $R_1, R_2, R_3, \dots$ - термічні опори окремих шарів огорожувальних конструкцій, визначаються по формулі:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i};$$

де δ_i - товщина окремого шару багат шарової конструкції, м;

λ_i - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, $\text{Вт/((м}^2\text{°C))}$, (див. вихідні дані для розрахунків та Рис 1.).

$$R_1 = 0,01/0,7 = 0,01;$$

$$R_2 = 0,25/0,7 = 0,36;$$

$$R_4 = 0,12/0,76 = 0,16;$$

$$R_5 = 0,02/0,76 = 0,03.$$

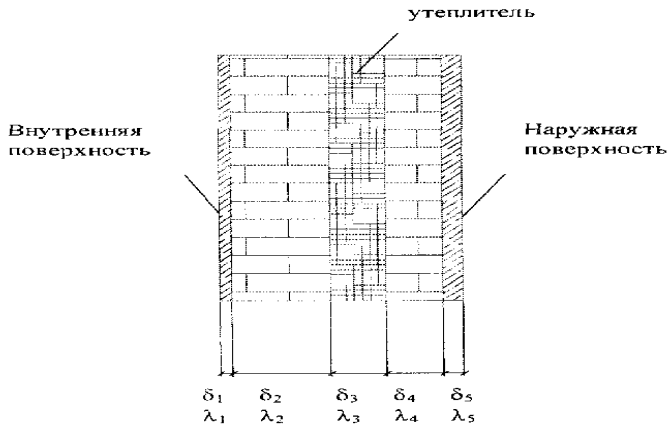


Рис. 1.1 Схема стінової конструкції.

Дорівнюючи R_o до R_o^{np} , одержуємо:

$$R_o = R_q^{min} = R_v + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_n ;$$

Звідси визначаємо товщину розрахункового шару утеплювача δ_3 , м:

$$\begin{aligned} \delta_3 &= \lambda_3 \cdot [R_q^{min} - (R_v + R_1 + R_2 + R_4 + R_5 + R_n)] = \\ &= 0,05 \cdot [3,3 - (0,11 + 0,01 + 0,36 + 0,16 + 0,03 + 0,04)] = 0,130 \text{ (м.)}. \end{aligned}$$

Для подальшого розрахунку варто приймати найближчу велику стандартну товщину розрахункового шару. Приймаємо $\delta_3 = 0,150$ (м.).

Знаходимо термічний опір розрахункового шару з врахуванням прийнятої стандартної товщини:

$$R_3^L = \delta_3 / \lambda_3 = 0,150 / 0,05 = 3 \text{ ((м}^2\text{°C)/Вт)};$$

У завершенні теплотехнічного розрахунку огороження визначають дійсний опір теплопередачі R_o^L :

$$R_o^L = R_v + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_n = 0,11 + 0,01 + 0,36 + 3 + 0,16 + 0,03 + 0,04 = 3,71 \text{ ((м}^2\text{°C)/Вт)}.$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі:

$$K_{ст} = 1 / R_o^L = 1 / 3,71 = 0,27 \text{ (Вт/(м}^2\text{°C))}.$$

3. Розрахунки інших зовнішніх конструкцій в даній роботі не виконуємо, а значення коефіцієнтів теплопровідності визначаємо за нормами відповідно до вимог, які наведено в [7, 12].

Контрольні запитання:

1. Розкрийте поняття «захисні властивості зовнішніх огорожувальних конструкцій».
2. Що визначають величини R_o та теплотривкість зовнішніх загороджень будівель?
3. Як визначити коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції?
4. В чому полягає мета теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій?

Практична робота № 2 Визначення втрат теплоти приміщеннями житлового будинку.

Мета роботи: Засвоїти методику визначення тепловитрат через зовнішні огороження будинку.

Рекомендації:

Визначення втрат теплоти приміщеннями виконується відповідно до [12, 15].

Тепловтрати приміщень, що опалюються складаються з основних і додаткових. Втрати теплоти приміщенням визначаються підсумовуванням втрат через окремі огорожуючі конструкції.

Потужність теплового потоку через загородження Q_o Вт визначається по формулі:

$$Q_o = \frac{A_i}{R_i} (t_n - t_{\text{в}}) n_i (1 + \Sigma \beta);$$

де A_i - площа розглянутого i -го огороження, м^2 ;

R_i - загальний опір теплопередачі i -го огороження (**визначене в Практичній роботі №1**), $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

$t_{\text{в}}$ - температура внутрішнього повітря приміщення, $^\circ\text{C}$, прийнята по Додатку 1;

t_n - розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року, $^\circ\text{C}$;

n_i - коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні огороження стосовно зовнішнього повітря.

$\Sigma \beta$ - сума коефіцієнтів, що враховують надбавки на тепловтрати для i -го огороження;

Додаткові втрати теплоти β через загороджуючі конструкції у приміщенні приймають у частках від основних втрат. Для зовнішніх стін, дверей, вікон і похилих горищних чи безгорищних перекриттів додаткові втрати β з урахуванням орієнтації по сторонах світу приймаються при орієнтації на:

- північ, схід, північний схід і північний захід - 0.1;

- південний схід і захід - 0.05;

- південь і південний захід - 0.

Додаткові втрати тепла на інфільтрацію зовнішнього повітря визначають по формулі:

$$Q_n = 0,28 L_n F_n c \rho_n (t_{\text{в}} - t_n);$$

де 0.28- розмірний коефіцієнт, $\text{Вт}/(\text{кДж год.})$;

L_n - нормативна витрата повітря.

F_n - площа підлоги житлової кімнати чи кухні, м^2 ;

c - теплоємність повітря, приймають $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

ρ_n - густина зовнішнього повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$,

$\rho_n = 353/(273 + t_n)$.

Результати підрахунку втрат теплоти зводяться в таблицю (Табл.2.1.).

Назви огорожень у розрахунковій таблиці позначають в такий спосіб:

н.с. - зовнішня стіна,
 д.о. - подвійне засклення,
 о.о. - одинарне засклення,
 п.т. - горищне перекриття чи безгорищне покриття,
 п.л. - перекриття над підвалом чи підлога на ґрунті,
 д.д. - подвійні двері зовнішні.

Лінійні розміри і площу огорожувальних конструкцій визначені у такий спосіб як зазначено в [12]. Креслення першого поверху будинку виконуємо відповідно до варіанту завдання (додаток 1). В даному прикладі наведено наступний план першого поверху будинку (Рис. 2.1), який виконують в М 1:100

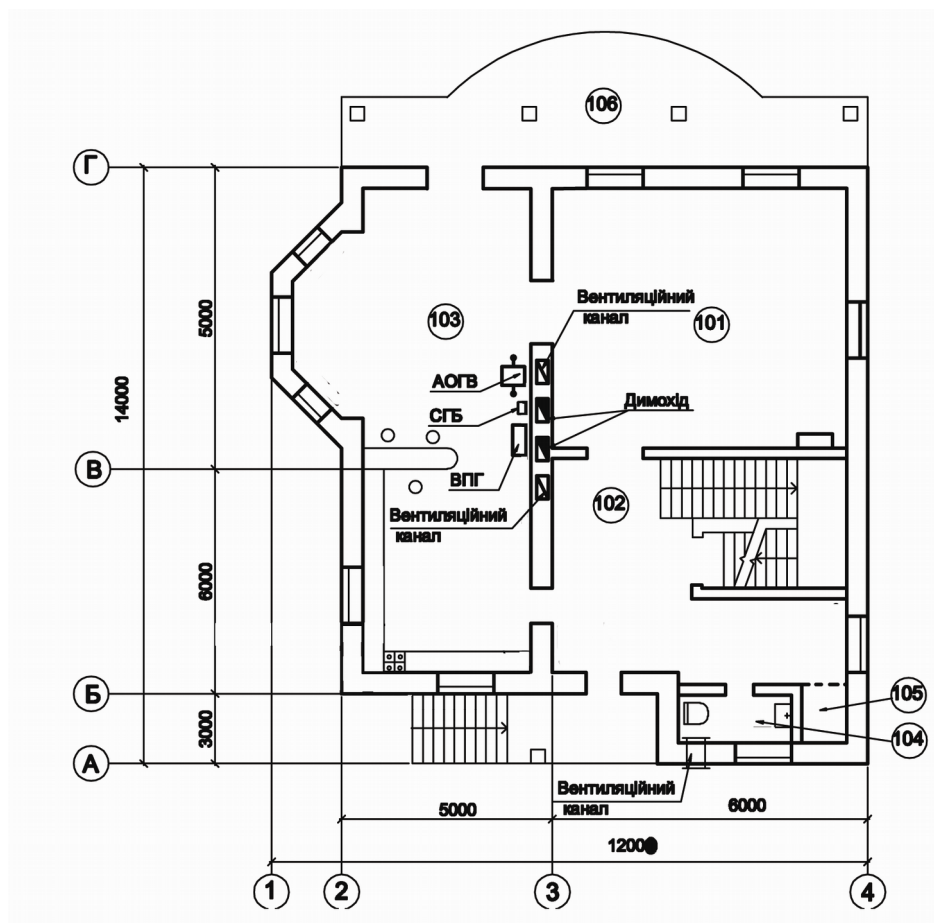


Рис. 2.1 План першого поверху будинку.

Табл. 2.1 Результати розрахунку втрат теплоти приміщеннями.

Номер помещения	Наименования помещения	Температура внутреннего воздуха $t_{в}$, °С.	Ограждение					$t_{в}-t_{х.п.}$, °С. Разница температур	Коэффициент n	Коэффициент $K=1/R$	Дополнительные потери на ориентацию		Основные потери тепла $Q_{осн.}$, Вт.	Потери тепла на инфильтрацию $Q_{инф.}$, Вт.	Поступление тепла $Q_{быт.}$, Вт.	Общие теплопотери $Q_{пол.}$, Вт.
			Обозначение	Ориентация	Размеры		Площадь, м2.				$\Sigma\beta$	$1+\Sigma\beta$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	ж.к	18	до	с	1,5	3	4,50	41	1	2	0,1	1,1	405,9			
101		18	нс	с	3,45	6	16,20	41	1	0,37	0,1	1,1	270,3			
		18	до	в	1,5	2	3,00	41	1	2	0,1	1,1	270,6			
		18	нс	в	3,45	5	14,25	41	1	0,37	0,1	1,1	237,8			
		18	пл	-	6	5	30,00	41	1	0,43		1	528,9			
													1713,5	1229,5	300,0	2643,0
	кор	16	нс	ю	3,45	2,5	4,45	39	1	0,37	0	1	64,1			
102		16	до	в	1,5	2	3,00	39	1	2	0,1	1,1	257,4			
		16	дд	ю	1,9	2,2	4,18	39	1	2	0	1	326,0			
		16	нс	в	3,45	3	7,35	39	1	0,37	0,1	1,1	116,7			
		16	пл	-	6	3	18,0	39	1	0,43		1	301,9			
														1066,0	701,6	180,0

....

Таким чином виконуємо розрахунки для кожного приміщення споруди окремо. Відповідно приміщення другого поверху 201, 202 Окремо виконують розрахунки для приміщення в якому розташовано сходи, при цьому висоту приміщення враховують від полу першого поверху до стели останнього поверху. Загальні втрати теплоти приміщенням складають **16843 Вт**.

В даній практичній роботі рекомендується проводити розрахунки з використанням прикладного програмного забезпечення. Наприклад Microsoft Excel. (Див. Рис. 2.2).

Номер пожежі	Наименование	Температура воздуха	Обозначение	Ориентация	h, м.	l, м.	Площадь, м2.	Разница температур +С.	Коэффициент	Коэффициент	$\Sigma \beta$	$1 + \Sigma \beta$	Основные потери	Потери тепла на инфракрас. Вт.	Поступление тепла	Общие теплопотери
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
101	жк	18	нс	с	3,5	6	16,50	41	1	0,37	0,1	1,1	275,3			
		18	до	в	1,5	2	3,00	41	1	2	0,1	1,1	270,6			
		18	нс	в	3,5	5	14,50	41	1	0,37	0,1	1,1	242,0			
		18	пл	-	6	5	30,00	41	1	0,43		1	528,9			
													1722,7	1229,5	300,0	2652,2
102	кор	16	нс	ю	1,9	2,2	4,18	39	1	2	0	1	326,0			
		16	нс	ю	3,5	2,5	4,57	39	1	0,37	0	1	65,9			

Рис. 2.2 Розрахунки з використанням прикладного програмного забезпечення - Microsoft Excel.

Контрольні запитання:

1. В чому полягає мета складання теплового балансу?
2. З яких складових у загальному виді складаються тепловтрати споруд, що опалюються?
3. З яких складових у загальному виді складаються тепловиділення в приміщеннях?
4. Який рекомендований порядок розрахунку тепловтрат?
5. Як визначається розрахункова тепла потужність системи опалення?

Практична робота № 3 Розрахунок площі поверхні нагріву, кількості елементів та підбір нагрівальних приладів системи водяного опалення.

Мета роботи: Засвоїти методику розрахунку площі поверхні нагріву, кількості елементів та підбір нагрівальних приладів систем водяного опалення.

Рекомендації:

Розрахунок площі поверхні нагріву, кількості елементів та підбір нагрівальних приладів системи водяного опалення виконується відповідно до рекомендованих методик [13, 14]. Та з урахуванням завдання (тип системи опалення, температура теплоносія). В якості нагрівальних приладів приймаємо конвектор настінних типу "Акорд". (конструктивні особливості наведено в додатку 17 [14]). Спосіб встановлення – У стіні без ніші і перекритий дошкою у вигляді полиці. (додаток 22 [14]). **Тепловтрати приміщення приймаються по результатам, які було отримано в Практичній роботі №2.** В приміщенні може бути встановлено декілька приладів опалення. Вони встановлюються місцях найбільших втрат теплоти (під вікнами та у зовнішніх стін, які виходять на північ). Наприклад, в приміщенні 101 (Див. Рис. 3.1) встановлено три прилади.

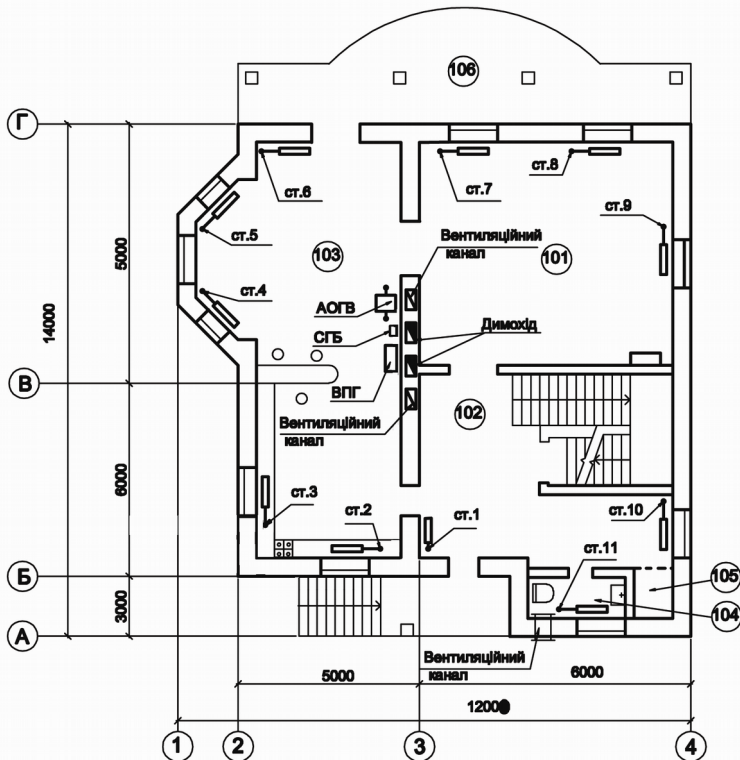


Рис. 3.1 Розміщення опалювальних приладів

Мета розрахунку - визначення типорозмірів опалювальних приладів, необхідних для компенсації тепловтрат приміщення.

Типорозмір опалювальних приладів вибирають з урахуванням вимог методики [14] по необхідному номінальному тепловому потоці $Q_{н.т.}$, Вт:

$$Q_{н.т.} = Q_{пр.} / \varphi_k ;$$

де $Q_{пр.}$ - теплопередача власне приладу в розглянуте приміщення

$$Q_{пр.} = Q_{п.} - 0,9Q_{тр.} ;$$

$Q_{п.}$ - тепловтрати приміщення (при одному приладі) чи їхня частина, що приходить на прилад (при декількох приладах, що обігрівають одне приміщення), Вт, тобто теплове навантаження приладу;

$Q_{тр.}$ - тепловіддача відкрито прокладених у межах приміщення труб стояка і підводок, до яких безпосередньо приєднаний прилад, Вт:

$$Q_{тр.} = q_v l_v + q_h l_h ;$$

де q_v і q_h - тепловіддача 1 м вертикальних і горизонтальних труб, Вт/м; приймається для неізольованих труб по додатку 19 [14], виходячи з діаметра і положення труб, а також різниці температури теплоносія при вході його в приміщення, що обігрівається, t_t і температури повітря в приміщенні t_b ;

l_v і l_h - довжина вертикальних і горизонтальних труб у межах приміщення;

φ_k - комплексний коефіцієнт приведення $Q_{н.т.}$ до розрахункових умов, що визначається при теплоносії воді по формулі:

$$\varphi_k = (\Delta t_{cp} / 70)^{1+n} (G_{пр} / 360)^p b \Phi c ;$$

Δt_{cp} - різниця середньої температури води в приладі t і температури навколишнього повітря t_b °С, (температурний напір приладу):

$$\Delta t_{cp} = ((t_{вх} + t_{вых}) / 2) - t_b ;$$

$t_{вх}$ і $t_{вых}$ - температури води на вході і на виході з приладу, °С; без врахування втрат у магістралі і стояку. Для однотрубної системи $t_{вх}$ і $t_{вых}$ визначаються поетапно для кожного приладу, але оскільки кількість поверхів будинку, що опалюється дорівнює одиниці, то $t_{вх}$ дорівнює температурі гарячої води на вході в систему опалення t_r , а $t_{вых}$ - температурі зворотної води $t_{вых} = t_o$;

$G_{пр}$ - витрата води в приладі, кг/год (для конвекторів - витрата води в одній трубці конвектора):

$$G_{пр} = (3,6 Q_{п.} / c_v (t_{вх} - t_{вых})) \beta_1 \beta_2 ;$$

β_1 і β_2 - коефіцієнти по додатках 16 і 18 ;

c_v - теплоємність води (4,19 кДж/кг °С);

b - коефіцієнт обліку атмосферного тиску в даній місцевості, при 760 мм рт.ст. $b = 1$;

Φ - коефіцієнт обліку напрямку руху води в приладі знизу нагору:

$$\Phi = 1 - \alpha (t_{вх} - t_{вых}) ;$$

$\alpha = 0.002$ – для конвекторів настінних типу , "Акорд";

n, p, c - експериментальні числові показники, прийняті по додатку 21 [14].

Тепловий потік підбраного приладу не повинний бути істотно менше, ніж значення $Q_{н.т.}$, тому у формулу підставляють значення $Q_{пр.}$, зменшене на 5% при $Q_{пр.} \leq 1200$ Вт.

В даній практичній роботі рекомендується проводити розрахунки з використанням прикладного програмного забезпечення. Наприклад Microsoft Excel. (Див. Рис. 3.2).

	A	B	C	D	E	F
1	Розрахунок опалювальних приладів.					
2	Вихідні дані				Результати розрахунку	
3	Номер приміщення					
4	101					
5	Q _{пом}	кількість приборів			Q _п	
6	2652	3			884	
7	q _в	l _в	q _г	l _г	Q _{гр}	Q _{пр.}
8	70	8,6	91	1,5	739	219
9	t _{ex}	t _{вых}	t _в		Δt _{ср}	
10	95	70	18		64,5	
11	c _в	β ₁	β ₂		G _{пр}	
12	4,19	1	1		30,38	
13	α				Φ	
14	0,002				0,95	
15	n	p	c	b	Φ _к	
16	0,2	0,03	1	1	0,80	
17	Прилад		Q _{н.у}		Q _{н.т.}	N
18	КА-0,366к;		366		261	1

Рис. 3.2 Розрахунки з використанням прикладного програмного забезпечення Microsoft Excel

Для завершення розрахунку приладу опалення для приміщення, необхідно із додатка 17 [14] для Конвектора настінного без кожуха «Акорд» (ТУ 21-26-036-85) знайти номінальний тепловий потік $Q_{н.у}$ Вт., та внести його в відповідну позицію таблиці (Див. Рис 3.2). Наприклад в нашому випадку, найближче значення до $Q_{н.т.} = 261$ Вт є $Q_{н.у.} = 366$ Вт. Тому приймаємо прилад типу

КА-0,366к. Оскільки $N=1$ (кількість елементів приладу), а загальна кількість приладів в приміщенні 3, то відповідно $3 \times 1 = 3$. Таким чином в приміщенні буде встановлено три конвектори типу КА-0,366к.
Результати розрахунку показуємо в Табл. 3.1.

Табл. 3.1 Результати розрахунку приладів.

101					
Q _{пом}	кількість приладів			Q _п	
2652				3	
q _в	l _в	q _г	l _г	Q _{гр}	Q _{пр.}
70	8,6	91	1,5	739	219
t _{вх}	t _{вых}	t _в		Δt _{ср}	
95	70	18		64,5	
c _в	β ₁	β ₂		G _{пр}	
4,19	1	1		30,38	
α				Φ	
0,002				0,95	
n	p	c	b	φ _к	
0,2	0,03	1	1	0,80	
Прилад		Q _{н.у}		Q _{н.т.}	N
КА-0,366к;		366		261	1

Контрольні запитання:

1. В чому полягає мета розрахунку площі поверхні нагріву нагрівального приладу системи водяного опалення?
2. В чому полягає суть $Q_{гр}$, назвіть формулу та порядок визначення складових формули?
3. Де та чому розміщують опалювальні прилади в опалювальному приміщенні?
4. Назвіть конструктивні особливості та принцип роботи Конвектора настінного без кожуха «Акорд».
5. Які вимоги існують при встановленні Конвектора настінного без кожуха «Акорд»?

Практична робота № 4 Конструювання системи водяного опалення із штучною циркуляцією теплоносія.

Мета роботи: Засвоїти методику конструювання системи водяного опалення із штучною циркуляцією теплоносія.

Рекомендації:

Система опалення будинку повинна задовольняти санітарно-гігієнічним, економічним і естетичним вимогам. Вид системи опалення і теплоносія, тип опалювальних приладів приймають відповідно до завдання.

При проектуванні системи водяного опалення з місцевими опалювальними приладами можуть передбачатися одноконтурні чи двоконтурні системи опалення з верхньому чи нижнім розведенням магістралей, що подають теплоносії (в даній роботі тип системи вказано в завданні).

Джерелом теплопостачання будинку приймаємо індивідуальне джерело теплоти типу АОГВ. Опалювальний агрегат, як правило розміщують в приміщенні кухні, або в окремому приміщенні, при цьому слід дотримуватись вимог що до розміщення і правил встановлення газового обладнання. Крім того, джерело теплоти системи опалення рекомендовано розміщувати по середині споруди, що в свою чергу дасть можливість спроектувати максимально однакові по протяжності і тепловому навантаженню циркуляційні кільця системи.

Опалювальні прилади розміщують переважно під вікнами й у зовнішніх стін. У сходових клітках опалювальні прилади розташовують переважно на першому поверсі чи на сходових площадках між поверхами, не захащаючи проходи.

Прокладку трубопроводів системи опалення варто передбачати відкритою. У кутових кімнатах стояки розміщують у кутах, утворених зовнішніми огорожувальними конструкціями. До стояків, що живлять прилади сходових кліток, не слід приєднувати прилади інших приміщень.

При верхньому розведенні магістралей головний стояк рекомендується прокладати в нежитлових приміщеннях; підвідну магістраль - на горищі, на відстані 1 м від внутрішньої поверхні стіни. Зворотну магістраль при верхньому розведенні або обидві магістралі при нижньому розведенні прокладають безпосередньо біля зовнішніх стін неопалюваного підвалу. Ухили магістральних трубопроводів водяного опалення варто приймати не менш 0.002.

При верхньому розведенні видалення повітря із системи опалення здійснюється проточними повітрозбірниками, установленими на кінцевих ділянках магістралей, що подають, на відстані 2-3 м від останнього стояка. При нижньому розведенні для вилучення повітря із системи опалення встановлюються крани у верхніх пробках радіаторів верхніх поверхів.

Для опалювальних приладів (крім приладів сходових кліток) варто передбачати установку арматури, що забезпечує монтажне й експлуатаційне регулювання (крани подвійного регулювання чи триходові крани).

Для регулювання і відключення окремих кілець, гілок і стояків системи опалення передбачають запірно-регулюючу арматуру (засувки, вентилі, пробкові крани).

На Рис. 4.1 Показано проектування зворотної магістралі системи водяного опалення в підвалі будинку.

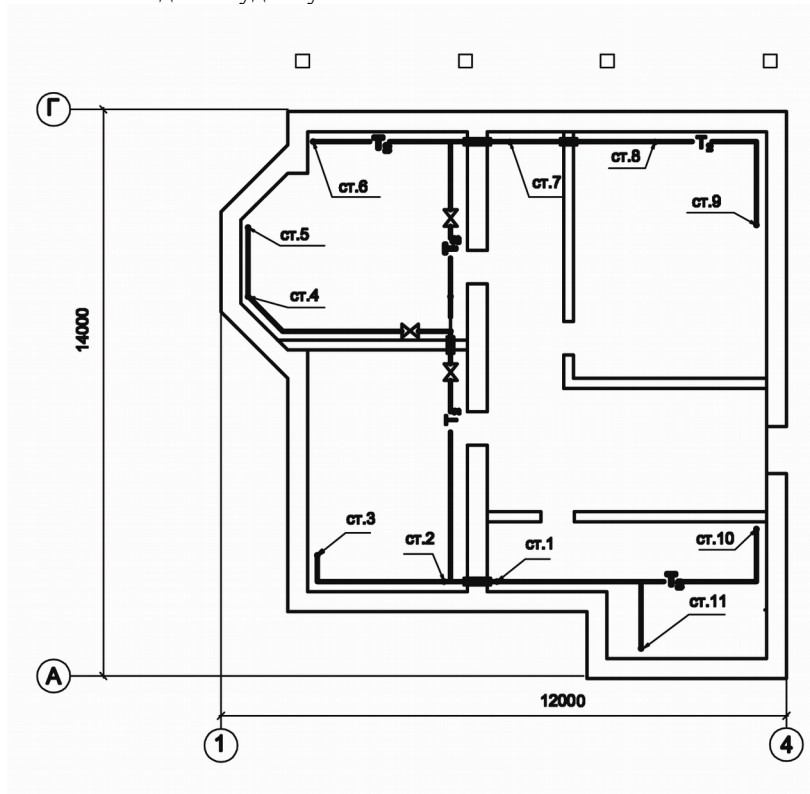


Рис. 4.1 Показано проектування зворотної магістралі системи водяного опалення.

Порядок конструювання:

1. На плані поверху споруди (відповідно до результатів розміщення приладів опалення, Практична робота №3) показуємо розміщення приладів системи опалення, та стояків системи. Обов'язково нумеруємо стояки системи по порядку.(Ст.1, Ст.2 і т.д.).
2. Показуємо стояки на планах підвалу та горища (або тільки підвалу при системі опалення з нижнім розведенням магістралей). Обов'язково нумеруємо стояки системи відповідно Ст.1, Ст.2 і т.д.
3. Показуємо розміщення магістралей системи. Позначаємо магістраль прямої вод (горючої води) T_1 , магістраль зворотної води, відповідно T_2 .
4. Виконуємо аксонометричну схему системи опалення споруди.

На Рис. 4.1 Показано аксонометричну схему системи опалення з верхнім розведенням магістралі, що подає теплоносії.

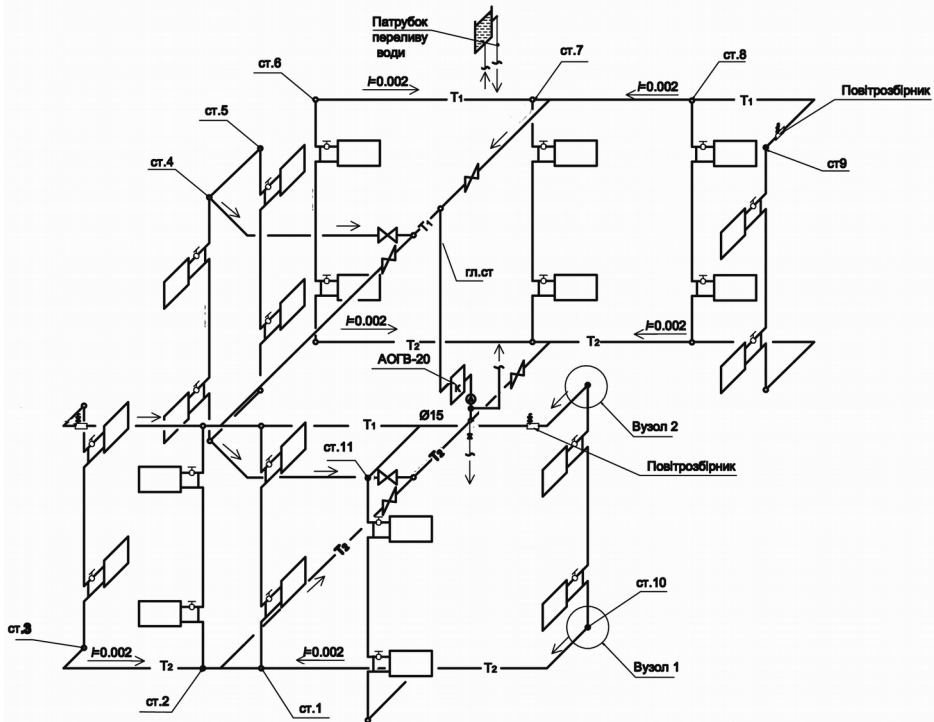


Рис. 4.1 Аксонометрична схема системи опалення з верхнім розведенням магістралі, що подає теплоносії.

Контрольні запитання:

1. В чому полягає відмінність двотрубно́ї та однокотрубно́ї системи опалення?
2. Назвіть особливості та вимоги які необхідно враховувати при конструюванні системи опалення з нижнім розведенням магістралей.
3. Назвіть недоліки та переваги системи опалення з насосною циркуляцією теплоносія.
4. Назвіть недоліки та переваги системи опалення з природної циркуляцією теплоносія.
5. За допомогою якого пристрою відбувається компенсація теплового розширення теплоносія?

Практична робота № 5 Гідравлічний розрахунок системи водяного опалення із штучною циркуляцією теплоносія.

Мета роботи: Засвоїти методику гідравлічного розрахунку системи водяного опалення із штучною циркуляцією теплоносія.

Рекомендації:

Мета гідравлічного розрахунку системи опалення полягає у визначенні діаметрів трубопроводів при відомих теплових навантаженнях і розташовуваному перепаді тисків теплоносія P_p на ввіді, та ув'язуванні витрат тиску у стояках і магістральних трубопроводах.

Перш ніж приступити до гідравлічного розрахунку, необхідно виконати наступне:

- вичертити розрахункову схему системи опалення з розміщенням запірно-регулюючої арматури, повітрозбірників, поворотів і вигинів трубопроводів.

- на кожному опалювальному приладі проставити теплові навантаження приладів $Q_{пр}$, Вт, рівні тепловтратам відповідних приміщень;

- розрахункове циркуляційне кільце (найбільш протяжне і навантажене) розбити на розрахункові ділянки - відрізки трубопроводів одного діаметра з постійним тепловим навантаженням (постійною витратою теплоносія) і проставити порядкові номери розрахункових ділянок, починаючи нумерацію від теплового вводу по ходу теплоносія по підвідній магістралі, до кінцевого опалювального приладу і по зворотній магістралі до теплового вводу;

- проставити теплові навантаження магістральних ділянок, обумовлені сумою теплових навантажень стояків, що обслуговуються цією ділянкою.

Після складання розрахункової схеми приступають до гідравлічного розрахунку, що може бути виконаний кожним з відомих методів. У даній роботі використовується метод розрахунку по питомим втратах тиску на 1 п.м. розрахункового кільця при постійному перепаді температури води в стояках.

Гідравлічний розрахунок виконується в наступній послідовності.

У розрахунковій таблиці проставляють номери ділянок, теплові навантаження і довжини ділянок.

Визначають необхідна витрата теплоносія (води) на ділянці G , кг/год:

$$G_{yч} = (3,6Q_{yч} / c_v (t_r - t_o)) \beta_1 \beta_2 ;$$

де $Q_{yч}$ - теплове навантаження розрахункової ділянки, Вт;

β_1 і β_2 - поправочні коефіцієнти на крок номенклатурного ряду опалювальних приладів прийнятого типу і на спосіб їхньої установки (додаток 16 і 18 в [14]).

c_v - теплоємність води, $c_v = 4,19$ кДж/(кг · °С);

t_r, t_o - температура води на вході і виході системи опалення, °С.

Знаходять середню величину питомої втрати тиску на тертя для розрахункового циркулярного кільця R_{cp} , Па/м:

$$R_{cp} = B P_p / \Sigma l ;$$

де P_p - розташовуваний перепад тиску в системі опалення, Па; розраховується згідно завдання ;

Σl - сума довжин ділянок розрахункового циркулярного кільця, м (по графі 4 Табл.5.1);

B - коефіцієнт, що враховує частку втрат тиску на подолання опору тертя від загального розташовуваного перепаду тисків P_p ; при природній циркуляції в системі $B = 0,5$, при насосній $B = 0,65$.

По додатку 12 [14] у залежності від відомих величин R_{cp} і $G_{yч}$ знаходять дійсні питомі втрати тиску R , Па; діаметри трубопроводів d , мм, і швидкість води v , м/с, намагаючись, щоб значення R було якнайближче до R_{cp} (більше чи менше).

Діаметри труб варто вибирати так, щоб швидкість зростала без різких стрибків у відповідності до збільшення теплових навантажень і не перевищувала гранично припустимих величин з умови безшумної роботи системи (не більш 1,5 м/с).

По додатку 13 [14] визначають суму коефіцієнтів місцевих опорів ζ , на розрахунковій ділянці.

Розраховують втрати тиску на тертя по довжині ділянки Rl , Па, і в місцевих опорах

$$Z = (\Sigma \zeta \rho V^2) / 2, \text{ Па,}$$

де ρ - щільність води, кг/м³.

Розраховані величини Z приведені в додатку 14[14]. Потім знаходять повні втрати тиску на кожній ділянці

$$(Rl + Z), \text{ Па.}$$

Підсумовуючи їх по всьому розрахунковому циркулярному кільцю, визначають повну втрату тиску в кільці $\Sigma(Rl + Z)$ і порівнюють її з розташовуваним перепадом тиску на вводі, при цьому повинна дотримуватися умова $\Sigma(Rl + Z) \leq 0,8P_p$.

Визначають величину запасу чи нев'язання використовуваного тиску у відсотках:

$$\Delta = \frac{P_p - \Sigma(Rl + Z)}{P_p} 100;$$

При розрахунку найбільш протяжного і навантаженого кільця допускається залишати запас розташовуваного перепаду тиску P_p на неврахований розрахунком опір мережі не більш 10%.

Ув'язування втрат тиску на вузлових точках виконуються без врахування втрат на загальних ділянках. Втрати тиску в циркуляційних кільцях однотрубних систем опалення, розрахованих з постійним перепадом температур теплоносія в стояках, не повинні розрізнятися більш ніж на 15% при тупиковій схемі розведення магістралей і на 5% при побіжній; у двотрубних системах відповідно – на 20% і на 15%.

Якщо ця умова не дотримується, необхідно на окремих ділянках збільшити чи зменшити діаметр трубопроводу, тим самим, змінивши величину втрат тиску. З метою забезпечення гідравлічної стійкості системи необхідно прагнути, щоб втрати тиску в розрахунковому стояку складали як можна більшу частку від втрат тиску в розрахунковому циркуляційному кільці.

Результати розрахунку втрат тиску основного циркуляційного кільця показано в Табл. 5.1.

Табл..5.1. .Розрахунок основного циркуляційного кільця.

Дані по схемі				Прийнято						R/Z, Па.
№ уч.	Q, Вт.	G, кг/год.	l, м.	Dy, мм.	W, м/с	R, Па/м	RI, Па	$\Sigma\zeta$	Z, Па	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	16842,9	590	6,9	25	0,324	100	690	0,9	47	737
2	10234,9	359	2,5	25	0,177	32	80	9,5	149	229
3	6608	232	7,5	25	0,248	90	675	1,5	46	721
4	5379,3	189	1,5	20	0,122	24	36	1	7	43
5	3503,8	123	5	15	0,122	24	120	1	7	127
6	1751,9	61	8	15	0,122	24	192	1	7	199
7	881	31	3,5	15	0,248	90	315	1,5	46	361
8	881	31	3,5	15	0,248	90	315	1,5	46	361
9	1751,9	61	8	15	0,122	24	192	1	7	199
10	3503,8	123	5	15	0,122	24	120	1	7	127
11	5379,3	189	1,5	20	0,122	24	36	1	7	43
12	6608	232	7,5	25	0,248	90	675	1,5	46	721
13	10234,9	359	2,5	25	0,177	32	80	9,5	149	229
14	16842,9	590	6,9	25	0,324	100	690	0,9	47	737
		$\Sigma I =$	38,4							2780

Контрольні запитання:

1. В чому полягає мета гідравлічного розрахунку системи водяного опалення із штучною циркуляцією теплоносія?
2. Назвіть методи гідравлічного розрахунку системи водяного опалення із штучною циркуляцією теплоносія.
3. За яким методом пропонується проводити гідравлічний розрахунок системи водяного опалення із штучною циркуляцією теплоносія в цій роботі?
4. Що називається розрахунковою ділянкою?
5. Що називається розрахунковим циркуляційним кільцем системи?

ДОДАТОК 1. Завдання для виконання практичних робіт.

Табл..8. Розрахункова температура зовнішнього повітря для деяких населених пунктів України, зона вологості [12] , та параметри внутрішнього повітря

Номер завдання	Найменування пункту будівництва	Зовнішнє повітря					Внутрішнє повітря	
		Температура, °C				Зона вологості	Температура-тура $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Вологість
		Абсолютно мінімальна t_a	Середня найбільш холодної доби $t_{х.с}$	Середня п'яти найбільш холодно-них діб $t_{х.п.}$	Середня найбільш холодно-ного періоду t_n			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вінниця	-36	-26	-21	-10	Н	18	65
2	Київ	-32	-26	-21	-10	Н		
3	Полтава	-37	-27	-22	-11	С		
4	Харків	-36	-28	-23	-11	С		
5	Миколаїв	-30	-22	-19	-7	С		
6	Луганськ	-42	-29	-25	-10	С	20	60
7	Маріуполь	-31	-28	-23	-9	С		
8	Дніпропетровськ	-34	-26	-24	- 9			
9	Запоріжжя	-34	-25	-23	- 9	С		
10	Львів	-34	-23	-19	- 7	Н		
11	Керч	-26	-19	-15	- 4	С	22	59
12	Кіровоград	-35	-25	-21	- 9	С		
13	Одеса	-29	-21	-18	- 6	С		
14	Рівно	-36	-25	-21	- 9	Н		
15	Сімферополь	-29	-20	-16	- 4	С		
16	Ужгород	-28	-22	-18	- 6	Н	18	61
17	Херсон	-32	-22	-18	- 7	С		
18	Умань	-37	-26	-21	- 9	С		
19	Тернопіль	-34	-25	-21	- 9	Н		
20	Чернігів	-34	-27	-22	-10	Н		

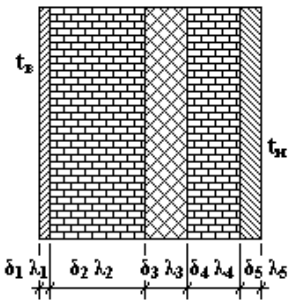
населених пунктів України, зона вологості [12] , та параметри

Продовження Табл..8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	Донецьк	-38	-29	-24	-10	С	22	65
22	Житомир	-33	-25	-21	- 9	Н		
23	Кривий Ріг	-33	-25	-23	- 9	С		
24	Луцьк	-34	-24	-20	- 8	Н		
25	Мелітополь	-33	-26	-19	- 9	Н		
26	Харків	-36	-28	-23	-11	С	22	65
27	Миколаїв	-30	-22	-19	-7	С		
28	Луганськ	-42	-29	-25	-10	С		
29	Маріуполь	-31	-28	-23	-9	С		
30	Дніпро-петровськ	-34	-26	-24	- 9			
31	Умань	-37	-26	-21	- 9	С	18	65
32	Тернопіль	-34	-25	-21	- 9	Н		
33	Чернігів	-34	-27	-22	-10	Н		
34	Донецьк	-38	-29	-24	-10	С		
35	Житомир	-33	-25	-21	- 9	Н		

Примітка. Зони вологості позначені: Н - нормальна, В - волога, С - суха.

Табл..9. Вихідні дані для виконання практичних розрахунків.

Кількість літер прізвища	Будівельні матеріали і конструкції					
	Зовнішня стіна				Перекриття	
	Номер шару конструкції	Товщина шару конструкції $\delta, \text{м}$	Характеристика матеріалу (Додаток 4 [14,15])	Ескіз стінової конструкції	Підлога першого поверху	Стеля останнього поверху
1	2	3	4	5	6	7
парна	1	0,01	13		опалюється	Горишне перекриття
	2	0,25	17			
	3	???	21			
	4	0,12	17			
	5	0,01	11			
непарна	1	0,01	13		Перекриття над підвалом, що не опалюється	Без горишнього покриття
	2	0,1	2			
	3	???	23			
	4	0,12	1			
	5	0,01	12			

Система опалення.

Рекомендується водяна однотрубна з тупиковим розведенням магістралей.

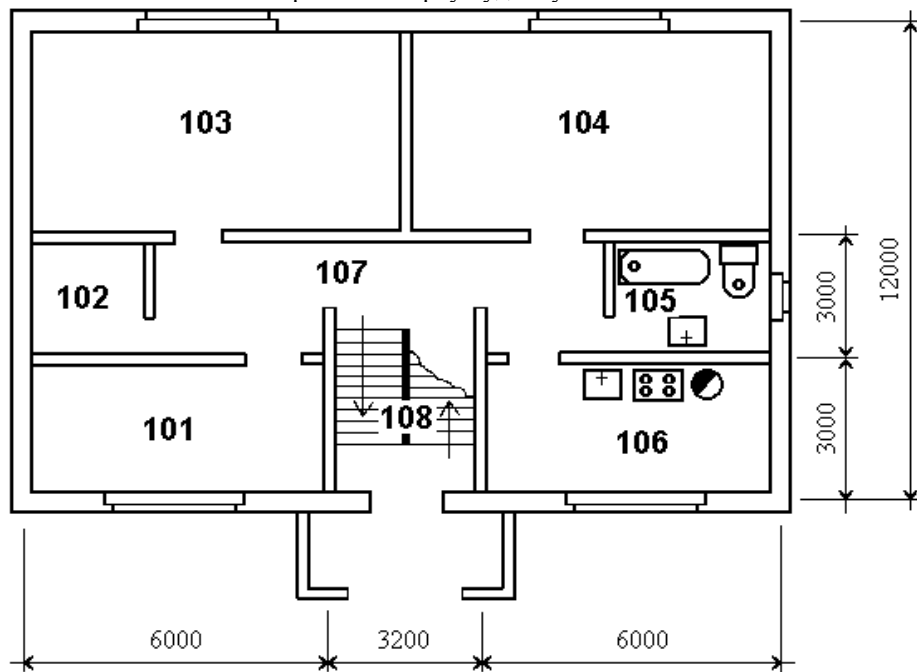
Розрахункові температури гарячої і зворотної води в системі опалення: $t_r = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_o = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$

Кількість літер прізвища:

Парна - 3 верхнім розведенням магістралі, що подає теплоносії.

Непарна - 3 нижнім розведенням магістралі, що подає і зворотної магістралі.

Рис. 8.1. План першого поверху будинку



Примітка. Розміри прорізів вікон та дверей студенти приймають самостійно у відповідності до будівельних норм.

ДОДАТК 2. Критерії оцінювання виконання практичних робіт.

За 4-бальною шкалою	Критерії оцінювання	Рівень компетен тності	Оцінка за національною шкалою	
5 (відмінно)	Студент виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно здобути знання, без допомоги викладача знаходить та опрацьовує необхідну інформацію, вміє використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді, самостійно розкриває власні обдарування і нахили.	Високий (творчий)	Відмінно	Зараховано
4 (добре)	Студент вільно володіє вивченим обсягом матеріалу, застосовує його на практиці, вільно розв'язує вправи і задачі у стандартних ситуаціях, самостійно виправляє допущені помилки, кількість яких незначна	Достатній (конструктивно-варіантний)	Добре	
	Студент вміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; в цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати аргументи для підтвердження думок.			
3 (задовільно)	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень; з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих	Середній (репродуктивний)	Задовільно	
	Студент володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні			
2 (незадовільно) Достатньо	Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу	Низький (рецептивно-продуктивний)	Незадовільно	Не зараховано

ЛІТЕРАТУРА

1. Богуславский Л.Д., Малина В.С. Санитарно-техническое устройство зданий. Учеб. для техникумов. – 3е изд. перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1980.- 263с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства, в 3ч. ч.1. Отопление / И.Н. Богуславский, Б.А. Крупнов и др., под ред. Старовойтова. 4е изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344с. (справочник проектировщика).
3. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2х ч. под ред. И.Г. Старовойтова ч2. Вентиляция и кондиционирование воздуха.
4. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Кн. 1. Отопление и теплоснабжение. Изд.4е, перераб. и доп. Щекин Р.В. и др. -К.: Будівельник, 1976.- 416с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.
6. ДБН В.2.5.-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
7. ДБН В.2.6.-31:2006 Конструкції будинків і споруд ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ БУДІВЕЛЬ (зі змінами від 2013 р.).
8. ДСТУ Б В_2_5_33_2007 Поквартирне теплопостачання.
9. Сканава А.Н. Отопление: Учеб. для техникумов. – 2е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988.-416с.
10. В.М. Тарасюк. Эксплуатация котлов. Настольная книга для операторов котельных. К.: «Основа», 2001 -287с.
11. Жуковський С.С., Лабай В.Й. Системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків та споруд: Навчальний посібник для ВЗО. – Львів, 2000. – 259с.