

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

03-02-427М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та виконання самостійної роботи з
навчальної дисципліни «Теплогазопостачання і
вентиляція» для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною
програмою 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості навчально-наукового
інституту будівництва та
архітектури
Протокол № 2 від 10.10.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Теплогазопостачання і вентиляція» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання [Електронне видання] / Кравченко Н. В. – Рівне : НУВГП, 2023. – 49 с.

Укладач: Кравченко Н. В. – канд. техн. наук, доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Відповідальний за випуск: Кізеєв М. Д., канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Керівник групи забезпечення спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Бабич Є. М.

© Н. В. Кравченко, 2023
© НУВГП, 2023

Зміст

Вступ.....	3
1. Визначення розрахункових витрат газу.....	3
2. Визначення товщини шару утеплювача.....	10
3. Визначення втрат тепла через зовнішні огороження та вентиляційних втрат тепла.....	17
4. Підбір опалювальних приладів.....	25
5. Визначення природного циркуляційного тиску.....	34
6. Визначення витрат теплоносія.....	38
7. Визначення параметрів внутрішнього повітря.....	40
8. Забирання зовнішнього повітря.....	43
9. Теми рефератів (презентацій) для індивідуальної роботи з дисципліни «Теплогазопостачання і вентиляція».....	45
10. Задачі на додаткові бали.....	46
Список літератури.....	49

Вступ

Методичні вказівки стануть у нагоді здобувачам вищої освіти першого (бакалаврського) рівня при підготовці до практичних занять, модульних контролів, рішенні контрольних вправ та виконанні самостійної роботи при вивченні дисципліни «Теплогазопостачання і вентиляція». В методичних вказівках наведено методики розрахунків основних типових задач з теплогазопостачання та вентиляції у обсязі, необхідному для засвоєння навчальної дисципліни. Наведено теми для рефератів і умови задач для отримання додаткових балів. Варіант задач та реферату відповідає порядковому номеру студента у списку групи. До кожної теми наведено довідкові матеріали, приклади рішення задач та їх умови для самостійного опрацювання. У списку літератури вказані всі чинні джерела станом на 01.08.2023 року.

1. Визначення розрахункових витрат газу

Системи газопостачання міст, селищ і сіл розраховують на максимальну розрахункову годинну витрату газу. Максимальну розрахункову годинну витрату газу, $\text{м}^3/\text{год}$, при 0°C і тискові газу 0,1 МПа на господарсько-побутові та виробничі потреби

визначають як частку річної витрати газу за формулою [1, ф.2]:

$$Q_y = K_{max}^h \cdot Q, \quad (1)$$

де K_{max}^h – коефіцієнт годинного максимуму (коефіцієнт переходу від річної витрати до максимальної розрахункової годинної витрати газу) [1, табл. 4, 5, додаток 5; 3, табл. 5.6];

Q_y – річна витрата газу, м³/рік, яку визначають за формулою:

$$Q_y = \frac{q_n \cdot n}{Q_n \cdot \eta}, \quad (2)$$

де q_n – норма витрати теплоти, мДж/чол·рік [1, табл. 2, 3; 2, табл. 5.5];

n – кількість жителів в районі, чол.;

Q_n – теплота згоряння газу, мДж/м³;

η – ККД побутових газових плит [2, табл. 5.3].

Таблиця 1

Характеристики окремих газових приладів

Найменування приладів	Номінальні витрати газу, м ³ /год
Плити газові ($\eta = 0,56$):	
- двопальникова ПГ-2	0,75
- чотирипальникова ПГ-4	1,25
Водонагрівачі проточні:	
ВПГ-18	2,3
ВПГ-20М	2,24
ВПГ-20Т	1,93
Данко	2,2
Teremaxi JSD 20W	2,0
Bosch Therm 6000 O WRD 13-2G	2,8
Beretta Idrabagno 14	2,14
Ariston Fast 10L NG	2,05
Ariston Fast Evo Ont B14 NG	2,886
Водонагрівачі накопичувальні:	
Ariston SGA 120 R	0,794
Ariston SGA 200 R	1,069

Для окремих житлових та громадських будинків розрахункові годинні витрати газу, м³/год, визначають за сумою номінальних витрат газу газовими приладами з урахуванням коефіцієнтів одночасності їх дії за формулою [1, ф.3]:

$$Q = K_{sim} \cdot \sum q_{oi}, \quad (3)$$

де K_{sim} – коефіцієнт одночасності, значення якого слід приймати для житлових будинків за [табл. 3; 1, додаток В; 2, табл. 5.7];

q_{nom} – номінальна витрата газу приладом або групою приладів, м³/год, прийнята за паспортними даними або технічними характеристиками приладів [табл. 1; 2, табл.5.3];

n – кількість квартир, шт.

Таблиця 2

Технічні характеристики побутових газових лічильників (Самгаз)

Показники	Одиниця вимірювання	Тип газового лічильника			
		G 1,6	G 2,5	G 4	G 6
Витрата газу:	м ³ /год				
- мінімальна		0,016	0,025	0,04	0,06
- номінальна		1,6	2,5	4,0	6,0
- максимальна		2,5	4,0	6,0	10,0
Максимальні розрахункові втрати тиску	Па	200			

Таблиця 3

Коефіцієнти одночасності K_{sim} для житлових будинків

Число квартир	Коефіцієнт одночасності K_{sim} залежно від газового устаткування в житлових будинках			
	Плита чотирипальникова	Плита двопальникова	Плита чотирипальникова та проточний нагрівач води	Плита двопальникова та проточний нагрівач води
1	1,000	1,000	0,700	0,750
2	0,650	0,840	0,560	0,640
3	0,450	0,730	0,480	0,520
4	0,350	0,590	0,430	0,390
5	0,290	0,480	0,400	0,375
6	0,280	0,410	0,392	0,360
7	0,280	0,360	0,370	0,345
8	0,265	0,320	0,360	0,335
9	0,258	0,289	0,345	0,320
10	0,254	0,263	0,340	0,315
15	0,240	0,242	0,300	0,275
20	0,235	0,230	0,280	0,260
30	0,231	0,218	0,250	0,235
40	0,227	0,213	0,230	0,205
50	0,223	0,210	0,215	0,193
60	0,220	0,207	0,203	0,186

70	0,217	0,205	0,195	0,180
90	0,212	0,203	0,187	0,171
100	0,210	0,202	0,185	0,163
400	0,180	0,170	0,150	0,135

Примітка. Значення коефіцієнта одночасності для ємнісних водонагрівачів, опалювальних котлів або опалювальних печей допускається приймати 0,85 незалежно від кількості квартир

Задача 1. Визначити річну і максимальну годинну витрату природного газу на господарсько-побутові потреби населеного району міста за таких умов: кількість жителів в районі – 15000 чол., теплота згоряння газу – $Q_n = 36 \text{ МДж/м}^3$, ККД побутових газових плит – 0,56, житлові будинки обладнані газовими плитами, гаряче водопостачання - централізоване.

Розв'язання: Річна витрата газу за формулою (2) становить:

$$Q = \frac{28060}{3656} = 2083333 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Максимальна годинна витрата газу за формулою (1) становить:

$$Q = \frac{1 \cdot 208}{2250} = 926 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Умова для самостійного рішення задачі 1: Визначити річну і максимальну годинну витрату природного газу на господарсько-побутові потреби населеного району міста за таких умов: кількість жителів в районі – (згідно із завданням) чол., теплота згоряння газу – Q_n (згідно із завданням) МДж/м^3 , ККД побутових газових плит – 0,56, житлові будинки обладнані газовими плитами, гаряче водопостачання – (згідно із завданням).

варіант	1	2	3	4	5	6
п, чол.	1200	13000	2500	3200	1800	5100
$Q_n, \text{МДж/м}^3$	34	35	36	33	37	32
Газовий нагрівач води	-	+	-	-	+	-
Централізоване гаряче водопостачання	+	-	-	+	-	-
варіант	7	8	9	10	11	12
п, чол.	10500	26500	24500	21300	11600	41200
$Q_n, \text{МДж/м}^3$	38	32	33	34	35	36
Газовий нагрівач води	-	+	-	-	+	-
Централізоване гаряче	+	-	-	+	-	-

водопостачання						
варіант	13	14	15	16	17	18
п, чол.	2200	18000	12500	13200	15800	15100
$Q_n, \text{МДж/м}^3$	37	38	32	33	34	35
Газовий нагрівач води	-	+	-	-	+	-
Централізоване гаряче водопостачання	+	-	-	+	-	-
варіант	19	20	21	22	23	24
п, чол.	13500	16500	28500	31300	14600	51200
$Q_n, \text{МДж/м}^3$	36	37	38	32	33	34
Газовий нагрівач води	-	+	-	-	+	-
Централізоване гаряче водопостачання	+	-	-	+	-	-
варіант	25	26	27	28	29	30
п, чол.	51200	53000	8500	9200	8800	6100
$Q_n, \text{МДж/м}^3$	35	36	37	38	32	33
Газовий нагрівач води	-	+	-	-	+	-
Централізоване гаряче водопостачання	+	-	-	+	-	-

Умова для самостійного рішення задачі 2: Визначити максимальну годинну витрату природного газу на (згідно із завданням) за таких умов: річна кількість продукції – (згідно із завданням), теплота згоряння газу $Q_n =$ (згідно із завданням) МДж/м^3 .

варіант	1	2	3
Підприємство	Лазня (миття без ванн)	Лазня (миття з ваннами)	Прання білизни в механізованих пральнях
Кількість продукції	12000 (миття)	15000 (миття)	2500 (т)
$Q_n, \text{МДж/м}^3$	34	35	36
варіант	4	5	6
Підприємство	Прання білизни в немеханізованих пральнях із сушильними шафами	Прання білизни в механізованих пральнях з сушінням і прасуванням	Приготування обідів в їдальні
Кількість продукції	3800 (т)	2800 (т)	151000 (обідів)
$Q_n, \text{МДж/м}^3$	33	37	32
варіант	7	8	9
Підприємство	Приготування сніданків в кафе	Приготування вечері в кафе	На випічку хліба формового
Кількість продукції	200500 (сніданків)	326500 (вечері)	240500 (т)
$Q_n, \text{МДж/м}^3$	38	32	33

варіант	10	11	12
Підприємство	На випічку батонів	На випічку здоби	На випічку хліба подового
Кількість продукції	111300 (т)	98600 (т)	141200 (т)
$Q_{н,мДж/м^3}$	34	35	36
варіант	13	14	15
Підприємство	На випічку торгів	На випічку печива	Лазня (миття без ванн)
Кількість продукції	3200 (т)	15000 (т)	56000 (миття)
$Q_{н,мДж/м^3}$	37	38	32
варіант	16	17	18
Підприємство	Лазня (миття з ваннами)	Прання білизни в механізованих пральнях	Прання білизни в немеханізованих пральнях із сушильними шафами
Кількість продукції	65200 (миття)	11580 (т)	34510 (т)
$Q_{н,мДж/м^3}$	33	34	35
варіант	19	20	21
Підприємство	Прання білизни в механізованих пральнях з сушінням і прасуванням	Приготування обідів в їдальні	Приготування сніданків в кафе
Кількість продукції	565 (т)	98500 (обідів)	128500 (сніданків)
$Q_{н,мДж/м^3}$	36	37	38
варіант	22	23	24
Підприємство	Приготування вечері в кафе	На випічку хліба формового	На випічку батонів
Кількість продукції	131300 (вечерь)	12600 (т)	31200 (т)
$Q_{н,мДж/м^3}$	32	33	34
варіант	25	26	27
Підприємство	На випічку здоби	На випічку хліба подового	На випічку торгів
Кількість продукції	15600 (т)	5043 (т)	2340 (т)
$Q_{н,мДж/м^3}$	31	32	33
варіант	28	29	30
Підприємство	На випічку торгів	На випічку печива	Лазня (миття без ванн)
Кількість продукції	5400 (т)	3500 (т)	76000 (миття)
$Q_{н,мДж/м^3}$	34	35	36

Задача 3. Визначити розрахункову годинну витрату природного газу житлового будинку. Кількість квартир – 10, і

кожній квартирі є плита двоपालникова ПГ-2 та проточний водонагрівач ВПГ-18. Підібрати газовий лічильник для квартири.

Розв'язання: Розрахункову годинну витрату природного газу для всього будинку визначають за формулою (3):

$$Q_d^h = 0,315 \cdot 3,05 \cdot 10 = 9,6 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $K_{sim} = 0,315$ [табл. 3; 1, додаток В], $q_{nom} = 0,75 + 2,3 = 3,05 \text{ м}^3/\text{год}$ [табл.1].

Розрахункову годинну витрату природного газу для однієї квартири визначають за формулою (3):

$$Q_d^h = 0,75 \cdot 3,05 \cdot 1 = 2,3 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $K_{sim} = 0,75$ [табл. 3], $q_{nom} = 0,75 + 2,3 = 3,05 \text{ м}^3/\text{год}$ [табл. 1].

За [табл. 2] приймаємо газовий лічильник типу G 2,5 з такими параметрами:

- мінімальна витрата газу – 0,025 м³/год,
- номінальна витрата газу – 2,5 м³/год,
- максимальна витрата газу – 4 м³/год,
- максимальні розрахункові втрати тиску – 200 Па.

Умова для самостійного рішення задачі 3: Визначити розрахункову годинну витрату природного газу житлового будинку в цілому і однієї квартири. Кількість квартир – (згідно із завданням), і кожній квартирі є плита (згідно із завданням) та газовий нагрівач води (згідно із завданням). Підібрати газовий лічильник для квартири.

варіант	1	2	3	4	5	6
п, кварт.	10	20	30	40	50	60
Плита	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4
ГНВ	ВПГ-20М	ВПГ-20Т	Данко	Teremaxi JSD 20W	Bosch Therm 6000 O WRD 13-2G	Beretta Idrabagno 14
варіант	7	8	9	10	11	12
п, кварт.	70	80	100	120	140	150
Плита	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4
ГНВ	Ariston Fast 10L NG	Ariston Fast Evo Ont B14 NG	Ariston SGA 120 R	Ariston SGA 200 R	ВПГ-20М	ВПГ-20Т
варіант	13	14	15	16	17	18
п, кварт.	16	24	36	44	54	52
Плита	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2

ГНВ	Данко	Teremaxi JSD 20W	Bosch Therm 6000 O WRD 13-2G	Beretta Idrabagno 14	Ariston Fast 10L NG	Ariston Fast Evo Ont B14 NG
варіант	19	20	21	22	23	24
п, кварт.	64	62	90	110	88	144
Плита	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2
ГНВ	Ariston SGA 120 R	Ariston SGA 200 R	ВПГ-20М	ВПГ-20Т	Данко	Teremaxi JSD 20W
варіант	25	26	27	28	29	30
п, кварт.	12	46	56	68	75	65
Плита	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-2	ПГ-4	ПГ-4
ГНВ	Данко	ВПГ-20М	Ariston Fast 10L NG	ВПГ-20Т	Ariston Fast 10L NG	Beretta Idrabagno 14

2. Визначення товщини шару утеплювача

Конструкція зовнішніх огорожень будинку повинна мати опір теплопередачі не менший за нормовані величини, мінімально допустимі значення яких ($R_{q \min}$) наведені в [3, табл. 3] залежно від температурної зони експлуатації будинку [3, додаток А].

При певних умовах значення $R_{q \min}$ можуть бути зменшені з дотриманням умов, наведених в [3, п.5.2.1 і п.5.2.2].

Величину фактичного опору теплопередачі термічно однорідної непрозорої конструкції огороження, $m^2 \cdot K/Wt$, визначають за формулою [4, ф. 2]:

$$R_{se} = \frac{1}{h_{se}} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{h_{si}} \quad (4)$$

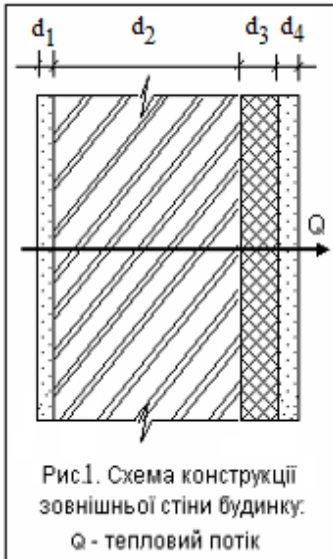
де h_{si} , h_{se} – коефіцієнти теплообміну внутрішньої та зовнішньої поверхонь конструкції огорожень, $Wt/(m^2 \cdot K)$ [4, додаток Б];

R_i – тепловий опір і-го шару конструкції, $m^2 \cdot K/Wt$;

d_i – товщина і-го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції за розрахункових умов експлуатації, $Wt/m \cdot ^\circ C$ [4, додаток А].

Під час теплотехнічного розрахунку товщина основного шару огороження (цегли або бетону) відома. Розрахунком обчислюють товщину і підбирають матеріал шару теплоізоляції за умови $R_{\Sigma pr} \geq R_{q \min}$ [3, ф. 4; 4, ф.5].



Задача 4. Визначити товщину шару утеплювача зовнішньої стіни житлового будинку (рис. 1), який будують в місті Рівне. Зовнішня стіна складається з таких шарів: 1 – цементно-піщаний розчин – $\rho_{01} = 1800 \text{ кг/м}^3$, $d_1 = 0,02 \text{ м}$; 2 – кладка цегляна з повнотілої цегли силікатної на цементно-піщаному розчині – $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$, $d_2 = 0,51 \text{ м}$; 3 – плити з резольно-формальдегідного пінопласту – $\rho_{03} = 100 \text{ кг/м}^3$, $d_3 = ?$; 4 – складний розчин (пісок, вапно, цемент) – $\rho_{04} = 1700 \text{ кг/м}^3$, $d_4 = 0,02 \text{ м}$, де ρ_0 – густина сухого матеріалу; d – товщина шару.

Розв'язання: За [3, додаток Б, табл. Б.1] прийнято нормальний режим вологості приміщень будинку, за [3, додаток Б, табл. Б.2] – розрахункову температуру в кімнатах $t_b = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Умови експлуатації зовнішньої стіни – Б [3, додаток Б, табл. Б.3]. Температурна зона для м. Рівне – I [3, додаток А].

Величину фактичного опору теплопередачі термічно однорідної непрозорої конструкції огороження, R_Σ , $\text{м}^2\cdot\text{К/Вт}$, визначають за формулою (4).

За [4, додаток А] коефіцієнти теплопровідності матеріалу шару конструкції стіни, λ , $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$ становлять: 1. Цементно-піщаний розчин – $\lambda_1 = 0,93$. 2. Кладка цегляна з повнотілої цегли силікатної на цементно-піщаному розчині – $\lambda_2 = 0,87$. 3. Плити з резольно-формальдегідного пінопласту – $\lambda_3 = 0,076$. 4. Складний розчин (пісок, вапно, цемент) – $\lambda_4 = 0,87$.

Для зовнішніх стін температурної зони I мінімально допустиме значення опору теплопередачі за [3, табл. 1] становить $4 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

З рівняння $\frac{1}{R_{Si}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{R_{Se}} = R_\Sigma$, знаходять товщину шару утеплювача – плит з резольно-формальдегідного пінопласту: $\delta_{ут} = 0,24 \text{ м}$.

Фактичний опір теплопередачі становить:

$$R_{\Sigma} = R_{\gamma \text{min}} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

$$R_{\Sigma} = R_{\gamma \text{min}}$$

Умова для самостійного рішення задачі 4: Визначити товщину шару утеплювача зовнішньої стіни житлового будинку, який будують в місті (згідно із завданням). Зовнішня стіна (з опорядженням штукатурками) складається з таких шарів: 1 – цементно-піщаний розчин – $\rho_{01} = 1800 \text{ кг/м}^3$, $d_1 = 0,02 \text{ м}$; 2 – (згідно із завданням); 3 – (згідно із завданням), $d_3 = ?$; 4 – складний розчин (пісок, вапно, цемент) – $\rho_{04} = 1700 \text{ кг/м}^3$, $d_4 = 0,02 \text{ м}$, де ρ_0 – густина сухого матеріалу; d – товщина шару.

Варіант	1	2	3	4
місто	Луцьк	Рівне	Житомир	Київ
матеріал стіни (шар 2)	Кладка з блоків керамзитово-кобетонних на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1350 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли силікатної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$	Цегляна кладка з порожнистої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1600 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, d_2 , м	0,40	0,51	0,51	0,51
утеплювач (шар 3)	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{03} = 175 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{03} = 35 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненого пінополістиролу $\rho_{03} = 15 \text{ кг/м}^3$	Вироби із екструдованого пінополістиролу $\rho_{03} = 35 \text{ кг/м}^3$
Варіант	5	6	7	8
місто	Одеса	Тернопіль	Миколаїв	Херсон
матеріал стіни (шар 2)	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1000 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$	Цегляна кладка з порожнистої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1200 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1000 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, d_2 , м	0,51	0,51	0,51	0,51
утеплювач (шар 3)	Вироби з жорсткого пінополіуретану	Плити з резольно-формальдегідного	Вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної	Вироби із спіненої карбамідно-

	тану $\rho_{03} = 80 \text{ кг/м}^3$	пінопласту $\rho_{03} = 100 \text{ кг/м}^3$	дегідної смоли $\rho_{03} = 25 \text{ кг/м}^3$	формаль- дегідної смоли $\rho_{03} = 15 \text{ кг/м}^3$
Варіант	9	10	11	12
місто	Харків	Суми	Запоріжжя	Черкаси
матеріал стіни (шар 2)	Кладка з блоків керамзитшла- ко-бетонних на цементно- піщаному розчині $\rho_{02} = 1400 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно- піщаному розчині $\rho_{02} = 1200 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли шлакової на цементно-пі- щаному розчині $\rho_{02} = 1500 \text{ кг/м}^3$	Кладка з блоків керамзитшла- ко-бетонних на цементно-піща- ному розчині $\rho_{02} = 1400 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, d_2 , м	0,44	0,51	0,51	0,40
утеплювач (шар 3)	Вироби зі спі- неного хімічно зшитого піно- поліетилену $\rho_{03} = 30 \text{ кг/м}^3$	Вироби перлітофосфо- гельові $\rho_{03} = 200 \text{ кг/м}^3$	Плити теплоізоляційні очеретяні $\rho_{03} = 200 \text{ кг/м}^3$	Целюлозний утеплювач $\rho_{03} = 100 \text{ кг/м}^3$
Варіант	13	14	15	16
місто	Львів	Вінниця	Ужгород	Дніпро
матеріал стіни (шар 2)	Цегляна кладка з порожнистої цегли кераміч- ної на цемент- но-піщаному розчині $\rho_{02} = 1200 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли керамічної на цементно- піщаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$	Цегляна кладка з порожнистої цегли кераміч- ної на цемент- но-піщаному розчині $\rho_{02} = 1600 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли керамічної на цементно-пі- щаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, d_2 , м	0,51	0,51	0,51	0,51
утеплювач (шар 3)	Целюлозний утеплювач $\rho_{03} = 65 \text{ кг/м}^3$	Вироби з піноскла $\rho_{03} = 120 \text{ кг/м}^3$	Блоки полістиролбе- тонні стінові $\rho_{03} = 200 \text{ кг/м}^3$	Вироби з жорсткого пі- нополіуретану $\rho_{03} = 80 \text{ кг/м}^3$
Варіант	17	18	19	20
місто	Чернівці	Полтава	Суми	Івано- Франківськ
матеріал стіни (шар 2)	Цегляна кладка з порожнистої цегли кераміч- ної на цемент- но-піщаному розчині $\rho_{02} = 1400 \text{ кг/м}^3$	Кладка з блоків керамзитшлако- бетонних на цементно- піщаному розчині $\rho_{02} = 1350 \text{ кг/м}^3$	Кладка з блоків керамзитшла- кобетонних на цементно-піща- ному розчині $\rho_{02} = 1400 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепель- ної на цемент- но-піщаному розчині $\rho_{02} = 1200 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, d_2 , м	0,51	0,44	0,42	0,51
утеплювач (шар 3)	Вироби із піноскла $\rho_{03} = 120 \text{ кг/м}^3$	Блоки полі- стиролбетонні стінові $\rho_{03} = 200 \text{ кг/м}^3$	Целюлозний утеплювач $\rho_{03} = 100 \text{ кг/м}^3$	Плити деревно- волоконні та деревно- стружкові $\rho_{03} = 200 \text{ кг/м}^3$
Варіант	21	22	23	24

місто	Здолбунів	Хмельницький	Луцьк	Рівне
матеріал стіни (шар 2)	Цегляна кладка з порожнистої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1600 \text{ кг/м}^3$	Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1350 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1000 \text{ кг/м}^3$	Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1400 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, d_2 , м	0,51	0,40	0,51	0,42
утеплювач (шар 3)	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{03} = 30 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{03} = 125 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненого пінополістиролу $\rho_{03} = 25 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненого пінополістиролу $\rho_{03} = 15 \text{ кг/м}^3$
Варіант	25	26	27	28
місто	Чернігів	Херсон	Житомир	Миколаїв
матеріал стіни (шар 2)	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1000 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли силікатної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли шлакової на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1500 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1800 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, d_2 , м	0,51	0,51	0,51	0,51
утеплювач (шар 3)	Целюлозний утеплювач $\rho_{03} = 100 \text{ кг/м}^3$	Вироби із піноскла $\rho_{03} = 120 \text{ кг/м}^3$	Вироби із екструдованого пінополістиролу $\rho_{03} = 35 \text{ кг/м}^3$	Целюлозний утеплювач $\rho_{03} = 50 \text{ кг/м}^3$
Варіант	29	30	31	32
місто	Суми	Одеса	Полтава	Дніпро
матеріал стіни (шар 2)	Цегляна кладка з порожнистої цегли трепельної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1200 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли керамічної на цементно-шлаковому розчині $\rho_{02} = 1700 \text{ кг/м}^3$	Цегляна кладка з порожнистої цегли керамічної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1600 \text{ кг/м}^3$	Кладка цегляна з повнотілої цегли трепельної на цементно-піщаному розчині $\rho_{02} = 1200 \text{ кг/м}^3$
товщина стіни, d_2 , м	0,51	0,40	0,51	0,51
утеплювач (шар 3)	Плити теплоізоляційні очеретяні $\rho_{03} = 200 \text{ кг/м}^3$	Вироби із екструдованого пінополістиролу $\rho_{03} = 30 \text{ кг/м}^3$	Вироби перлітофосфогельові $\rho_{03} = 200 \text{ кг/м}^3$	Целюлозний утеплювач $\rho_{03} = 100 \text{ кг/м}^3$

Умова для самостійного рішення задачі 5: Визначити товщину шару утеплювача горіщного і підвального перекриттів

житлового будинку, який будують в місті (згідно із завданням). Горищне перекриття складається з таких шарів: 1 – цементно-піщаний розчин – $\rho_{01}^r = 1800 \text{ кг/м}^3$, $d_1^r = 0,03 \text{ м}$; 2 – (згідно із завданням), $d_2^r = ?$; 3 – залізобетонна плита, – $\rho_{03}^r = 2500 \text{ кг/м}^3$, $d_3^r = 0,22 \text{ м}$; 4 – вапняно-піщаний розчин – $\rho_{04}^r = 1600 \text{ кг/м}^3$, $d_4^r = 0,02 \text{ м}$. Підвальне перекриття (неопалювальне і не вентилується зовнішнім повітрям) складається з таких шарів: 1 – (згідно із завданням), $d_1^n = 0,01 \text{ м}$; 2 – цементно-піщаний розчин – $\rho_{02}^n = 1800 \text{ кг/м}^3$, $d_2^n = 0,05 \text{ м}$; 3 – (згідно із завданням), $d_3^n = ?$; 4 – залізобетонна плита – $\rho_{04}^n = 2500 \text{ кг/м}^3$, $d_4^n = 0,22 \text{ м}$; де ρ – густина сухого матеріалу; d – товщина шару.

Варіант	1	2	3	4
місто	Луцьк	Рівне	Житомир	Київ
Перший шар для підвального перекриття	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Дуб вздовж волокон $\rho_{01}^n = 700 \text{ кг/м}^3$	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600 \text{ кг/м}^3$	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$
Утеплювач для горищного і підвального перекриття	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 150 \text{ кг/м}^3$	Вироби із екструдованого пінополістиролу $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 35 \text{ кг/м}^3$	Вироби з жорсткого пінополіуретану $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 60 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 35 \text{ кг/м}^3$
Варіант	5	6	7	8
місто	Одеса	Тернопіль	Миколаїв	Херсон
Перший шар для підвального перекриття	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600 \text{ кг/м}^3$	Дуб вздовж волокон $\rho_{01}^n = 700 \text{ кг/м}^3$	Ялина поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600 \text{ кг/м}^3$
Утеплювач для горищного і підвального перекриття	Вироби зі спіненого пінополістиролу $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 50 \text{ кг/м}^3$	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 50 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненого пінополіетилену $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 50 \text{ кг/м}^3$	Вироби із піноскла $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 120 \text{ кг/м}^3$
Варіант	9	10	11	12
місто	Харків	Суми	Запоріжжя	Черкаси
Перший шар для підвального перекриття	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Дуб вздовж волокон $\rho_{01}^n = 700 \text{ кг/м}^3$	Ялина поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600 \text{ кг/м}^3$
Утеплювач для горищного і підвального перекриття	Вироби зі спіненої карбідно-формальдегідної смоли $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 15 \text{ кг/м}^3$	Целюлозний утеплювач $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 50 \text{ кг/м}^3$	Целюлозний утеплювач $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 35 \text{ кг/м}^3$	Вироби із піноскла $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 120 \text{ кг/м}^3$
Варіант	13	14	15	16
місто	Львів	Вінниця	Ужгород	Дніпро

Перший шар для підвального перекриття	Сосна вздовж волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Дуб поперек волокон $\rho_{01}^n = 700 \text{ кг/м}^3$	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Дуб поперек волокон $\rho_{01}^n = 700 \text{ кг/м}^3$
Утеплювач для горючого і підвального перекриття	Целюлозний утеплювач $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 35 \text{ кг/м}^3$	Вироби з жорсткого пінополіуретану $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 80 \text{ кг/м}^3$	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 40 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні і з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 175 \text{ кг/м}^3$
Варіант	17	18	19	20
місто	Чернівці	Полтава	Суми	Івано-Франківськ
Перший шар для підвального перекриття	Ялина поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Дуб поперек волокон $\rho_{01}^n = 700 \text{ кг/м}^3$	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600 \text{ кг/м}^3$
Утеплювач для горючого і підвального перекриття	Вироби з жорсткого пінополіуретану $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 80 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 20 \text{ кг/м}^3$	Вироби з жорсткого пінополіуретану $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 60 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні і з мінеральної вати на основі скл штапельного волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 15 \text{ кг/м}^3$
Варіант	21	22	23	24
місто	Здолбунів	Хмельницький	Луцьк	Рівне
Перший шар для підвального перекриття	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600 \text{ кг/м}^3$	Ялина вздовж волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$
Утеплювач для горючого і підвального перекриття	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 125 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 35 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 15 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненого пінополістиролу $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 50 \text{ кг/м}^3$
Варіант	25	26	27	28
місто	Миколаїв	Херсон	Запоріжжя	Одеса
Перший шар для підвального перекриття	Ялина поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Дуб поперек волокон $\rho_{01}^n = 700 \text{ кг/м}^3$	Сосна поперек волокон $\rho_{01}^n = 500 \text{ кг/м}^3$	Фанера клеєна $\rho_{01}^n = 600 \text{ кг/м}^3$
Утеплювач для горючого і підвального перекриття	Вироби з піноскла $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 120 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 15 \text{ кг/м}^3$	Вироби з жорсткого пінополіуретану $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 60 \text{ кг/м}^3$	Вироби зі спіненого пінополістиролу $\rho_{02}^r = \rho_{03}^n = 160 \text{ кг/м}^3$

Варіант	29	30	31	32
місто	Ужгород	Житомир	Луцьк	Рівне
Перший шар для підвального перекриття	Сосна поперек волокон $\rho_{01}'' = 500 \text{ кг/м}^3$	Фанера клеєна $\rho_{01}'' = 600 \text{ кг/м}^3$	Ялина вздовж волокон $\rho_{01}'' = 500 \text{ кг/м}^3$	Сосна поперек волокон $\rho_{01}'' = 500 \text{ кг/м}^3$
Утеплювач для горючого і підвального перекриття	Вироби з екструдованого пінополістиролу $\rho_{02}^r = \rho_{03}'' = 35 \text{ кг/м}^3$	Вироби з жорсткого пінополіуретану $\rho_{02}^r = \rho_{03}'' = 80 \text{ кг/м}^3$	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна $\rho_{02}^r = \rho_{03}'' = 15 \text{ кг/м}^3$	Вироби з піноскла $\rho_{02}^r = \rho_{03}'' = 120 \text{ кг/м}^3$

3. Визначення втрат тепла через зовнішні огороження та вентиляційних втрат тепла

У холодну пору року приміщення втрачає тепло через зовнішні огороження, а також тепло витрачається на нагрівання холодного повітря, яке надходить через нещільності в огороженнях, вікна та двері, на нагрівання матеріалів, виробів тощо, які холодними потрапляють у приміщення. Загальні проектні втрати тепла при нагрітому приміщенні (і) розраховують відповідно до [5, ф-ла 4].

Втрати тепла через конструкції зовнішнього огороження, W_t , обчислюють за формулою:

$$Q_{te} = H_{T,ie} (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (5)$$

де $H_{T,ie}$ - коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалювального простору (і) до навколишнього середовища (е) через оболонку будівлі, Вт/К;

$\theta_{int,i}$ - проектна внутрішня температура опалювального простору (і), °С, [6, додаток Д, табл. Д.4];

θ_e - проектна зовнішня температура, °С [7, табл. 2].

Значення проектного коефіцієнта втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалюваного простору (і) до навколишнього середовища (е), Вт/°С, залежить від розмірів та характеристик елементів будинку, що відділяють опалювальний простір від зовнішнього середовища: стіни, підлога, перекриття, двері, вікна [5, ф-ла 6]:

$$H_{T,ie} = \sum_{j=1}^n \frac{A_j}{V} \cdot K_{j,ie} \quad (6)$$

де A_k - площа k-елемента будинку (конструкції огородження), m^2 ;

U_k - коефіцієнт теплопередачі k-огороджувальної конструкції, $Вт/м^2 \cdot К$;

ΔU_{TB} - коефіцієнт додаткової теплопередачі для теплових мостів, $Вт/м^2 \cdot К$ [табл. 4; 5, додаток В, табл. В.1];

$f_{U,k}$ - поправковий коефіцієнт впливу на якість будівельних деталей та метеорологічних умов, не врахованих при розрахунку відповідних U -значень;

$f_{ie,k}$ - коефіцієнт регулювання температури відповідно до [5, п.6.3.2.5] (значення коефіцієнтів $f_{U,k}$ та $f_{ie,k}$ за відсутності вимог приймають рівними 1).

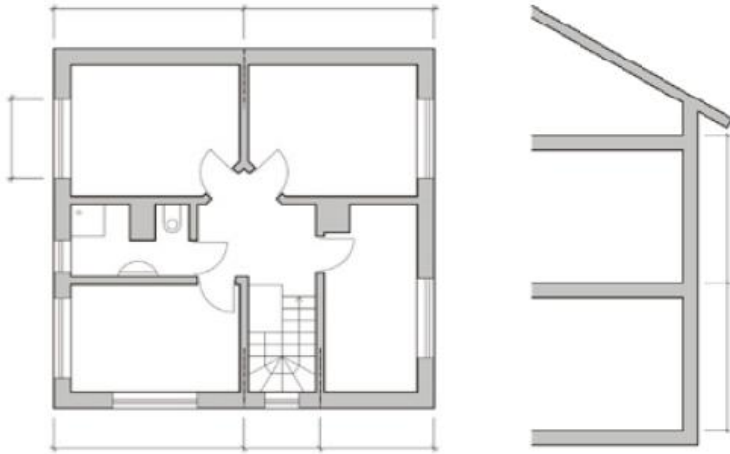


Рис. 2. Приклади визначення розмірів зовнішніх огорожень будівлі

Вертикальні розміри зовнішніх стін визначають як відстань від поверхні підлоги одного поверху до поверхні підлоги наступного поверху (товщину перекриття цокольного поверху не враховують). Горизонтальні розміри зовнішніх стін приміщення визначають за осями внутрішніх перегородок, а в кутових приміщеннях - від зовнішньої поверхні кута до осі перегородки. Розміри дверей та вікон визначають за найменшими розмірами прорізів.

Коефіцієнт теплопередачі конструкції огороження, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$, визначають як:

$$U_k = \frac{1}{R_{gni}}, \quad (7)$$

де $R_{q,min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі, $m^2 \cdot K/Wt$ [4, табл. 1].

Таблиця 4

Коефіцієнт додаткової теплопередачі для теплових мостів [5]

Критерій вибору	$\Delta U_{TB}, Wt/m^2 \cdot K$
1. Новобудови з врахуванням вдосконалених новітніх технологій зі зменшення теплових мостів	0,02
2. Новобудови	0,05
3. Будинки з переважно внутрішньою тепловою ізоляцією, яку перетинають суцільні стелі (наприклад, залізобетон)	0,15
4. Всі інші будівлі	0,1

В загальному вигляді втрати тепла конструкціями зовнішнього огороження, Вт, становлять:

$$Q_{\text{втр}} = \sum Q_{\text{ст}} + \sum Q_{\text{ок}} + \sum Q_{\text{дт}} + \sum Q_{\text{дп}} + \sum Q_{\text{дк}} + \sum Q_{\text{дл}} + \sum Q_{\text{дм}} + \sum Q_{\text{дн}} + \sum Q_{\text{дс}} + \sum Q_{\text{дт}} + \sum Q_{\text{дп}} + \sum Q_{\text{дк}} + \sum Q_{\text{дл}} + \sum Q_{\text{дм}} + \sum Q_{\text{дн}} + \sum Q_{\text{дс}} \quad (8)$$

Проектні вентиляційні втрати тепла визначають за [5, п. 7.3.3].

За спрощеним розрахунком проектні вентиляційні втрати тепла опалюваного простору визначають за формулою:

$$Q_{\text{втр}} = H_{v,i} \cdot G_{\text{нт}} \cdot G, \quad (9)$$

де $H_{v,i}$ - коефіцієнт проектних вентиляційних втрат тепла, Вт/К, визначають за формулою:

$$H_{v,i} = 0,34 \cdot n_i \cdot V_i, \quad (10)$$

де n_{min} - мінімальна кратність повітрообміну згідно з гігієнічними вимогами [табл. 5; 5, додаток В, табл. В.7];

V_i - об'єм опалюваного простору (обчислюють на підставі внутрішніх розмірів; якщо обчислюють за зовнішніми розмірами, то в наближених розрахунках слід застосовувати коефіцієнт 0,8).

Таблиця 5

Мінімальна кратність повітрообміну [5, додаток В, табл. В.7]

Тип кімнати	n_{min}

Житлові кімнати, офіси тощо	0,5
Кухні, ванні кімнати, санвузли, тощо (з вікнами)	0,5

Задача 6. Виконати розрахунок втрат тепла через конструкції зовнішнього огородження та вентиляційних втрат тепла кутової кімнати 1-го, 2-4-го і 5-го поверху 5-ти поверхового житлового будинку (новобудова) у м. Хмельницький. Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5x1,5 м та одну зовнішню стіну без вікна. Висота поверху – 3,0 м. Решта розмірів вказані на рисунку 3а. Температура повітря у підвалі та на горіщі становить 5° С.

Рішення: Проектна зовнішня температура (температура зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92) в м. Хмельницький: $\theta_e = - 21^\circ \text{C}$ [7, табл. 2]. Проектна внутрішня температура опалюваного простору (температура внутрішнього повітря у житловій кімнаті): $\theta_{int,i} = 22^\circ \text{C}$ [6, табл. Д.4]. Температурна зона – I [4, додаток Б].

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі приймаємо за [4, табл. 1].

Результати розрахунків зведені в таблицю 6.

Таблиця 6

Розрахунок втрат тепла конструкціями зовнішнього огородження

№ і назва приміщення	Зовнішні огородження				$\theta_{int,i}$, °C	θ_{es} , °C	$(\theta_{int,i} - \theta_e)$, °C	$R_{q,min}$, м ² ·°C /Вт	U_k , Вт/м ² ·°C	ΔU_{TB} , Вт/м ² ·°C	$\Phi_{T,ie}$, Вт
	назва	1-й розмір, м	2-й розмір, м	A, м ²							
112 кжк	ЗС	6,39	3	16,92	22	-21	43	4	0,25	0,05	218
	В	1,5	1,5	2,25	22	-21	43	0,9	1,11	0,05	112
	ЗС	4,81	3	14,43	22	-21	43	4	0,25	0,05	186
	ПП	6	4,5	27,0	22	5	17	5	0,20	0,05	138
212, 312, 412 кжк	ЗС	6,39	3,0	16,92	22	-21	43	4	0,25	0,05	218
	В	1,5	1,5	2,25	22	-21	43	0,9	1,11	0,05	112
	ЗС	4,81	3,0	14,43	22	-21	43	4	0,25	0,05	186

512 КЖК	ЗС	6,39	3	16,92	22	-21	43	4	0,25	0,05	218
	В	1,5	1,5	2,25	22	-21	43	0,9	1,11	0,05	112
	ЗС	4,81	3	14,43	22	-21	43	4	0,25	0,05	186
	ГП	6	4,5	27,0	22	5	17	6	0,17	0,05	101
											617
Сума											2819

Проектні вентиляційні втрати тепла опалюваного простору для кутової кімнати одного поверху становлять:

$$\Phi_{v,i} = 0,34 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 6,39 \cdot 4,81 \cdot 3 \cdot (22 - (-21)) = 539 \text{ Вт.}$$

Втрати тепла через зовнішні огороження і вентиляційні втрати тепла для кутових кімнат всіх п'яти поверхів ($n = 5$) становлять:

$$\Phi = \Phi_{v,i} + n \cdot \Phi_{v,i} = \Phi_{v,i} + n \cdot \Phi_{v,i} = 2819 + 5 \cdot 539 = 5514 \text{ Вт.}$$

Умова для самостійного рішення задачі 6: Виконати розрахунок втрат тепла через конструкції зовнішнього огороження та вентиляційних втрат тепла кутової кімнати 1-го, 2-4-го і 5-го поверху 5-ти поверхового житлового будинку (згідно із завданням) у м. (згідно із завданням). Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5x1,5 м та одну зовнішню стіну без вікна. Висота поверху – 3,0 м. Решта розмірів вказані на рисунку 3. Температура повітря у підвалі та на горищі становить 5° С.

Варіант	1	2	3	4	5
місто	Вінниця	Житомир	Запоріжжя	Київ	Кропивницький
критерій вибору	1, табл.5мв	2, табл.5мв	3, табл.5мв	4, табл.5мв	1, табл.5мв
рисунок	3а	3б	3в	3г	3д
Варіант	6	7	8	9	10
місто	Луцьк	Львів	Миколаїв	Одеса	Полтава
критерій вибору	2, табл.5мв	3, табл.5мв	4, табл.1	1, табл.5мв	2, табл.5мв
рисунок	3е	3а	3б	3в	3г
Варіант	11	12	13	14	15
місто	Рівне	Суми	Тернопіль	Ужгород	Харків
критерій вибору	3, табл.5мв	4, табл.5мв	1, табл.5мв	2, табл.5мв	3, табл.5мв
рисунок	3д	3е	3а	3б	3в
Варіант	16	17	18	19	20
місто	Херсон	Чернівці	Черкаси	Чернігів	Івано-Франківськ
критерій вибору	4, табл.5мв	1, табл.5мв	2, табл.5мв	3, табл.5мв	4, табл.5мв
рисунок	3г	3д	3е	3а	3б

Варіант	21	22	23	24	25
місто	Дніпро	Хмельницький	Рівне	Луцьк	Рівне
критерій вибору	1, табл.5мв	2, табл.5мв	3, табл.5мв	4, табл.5мв	1, табл.5мв
рисунок	3в	3г	3д	3е	3д
Варіант	26	27	28	29	30
місто	Одеса	Запоріжжя	Житомир	Херсон	Полтава
критерій вибору	2, табл.5мв	3, табл.5мв	4, табл.5мв	1, табл.5мв	2, табл.5мв
рисунок	3а	3б	3в	3г	3д

Умова для самостійного рішення задачі 7: Виконати розрахунок втрат тепла через конструкції зовнішнього огороження та вентиляційних втрат тепла кухні з 1-го по 5-й поверх 5-ти поверхового житлового будинку (згідно із завданням) у м. (згідно із завданням). Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5х1,5 м та одну зовнішню стіну без вікна. Висота поверху – 3,0 м. Решта розмірів вказані на рисунку 4. Температура повітря у підвалі та на горіщі становить 5° С.

Варіант	1	2	3	4	5
місто	Львів	Миколаїв	Луцьк	Одеса	Полтава
критерій вибору	1, табл.5мв	2, табл.5мв	3, табл.5мв	4, табл.5мв	2, табл.5мв
рисунок	4а	4б	4в	4г	4д
Варіант	6	7	8	9	10
місто	Рівне	Кропивницький	Запоріжжя	Київ	Суми
критерій вибору	1, табл.5мв	2, табл.5мв	3, табл.5мв	4, табл.5мв	1, табл.5мв
рисунок	4е	4а	4б	4в	4г
Варіант	11	12	13	14	15
місто	Ужгород	Полтава	Чернівці	Рівне	Луцьк
критерій вибору	1, табл.5мв	2, табл.5мв	3, табл.5мв	4, табл.5мв	4, табл.5мв
рисунок	4д	4е	4а	4б	4в
Варіант	16	17	18	19	20
місто	Хмельницький	Дніпро	Івано-Франківськ	Дніпро	Ужгород
критерій вибору	1, табл.5мв	2, табл.5мв	3, табл.5мв	4, табл.5мв	3, табл.5мв
рисунок	4г	4д	4е	4а	4б
Варіант	21	22	23	24	25
місто	Одеса	Чернігів	Харків	Херсон	Рівне
критерій вибору	1, табл.5мв	2, табл.5мв	3, табл.5мв	4, табл.5мв	1, табл.5мв
рисунок	4в	4г	4д	4е	4д
Варіант	26	27	28	29	30
місто	Ужгород	Луцьк	Суми	Рівне	Дніпро
критерій вибору	3, табл.5мв	4, табл.5мв	1, табл.5мв	2, табл.5мв	3, табл.5мв
рисунок	4а	4б	4в	4г	4д

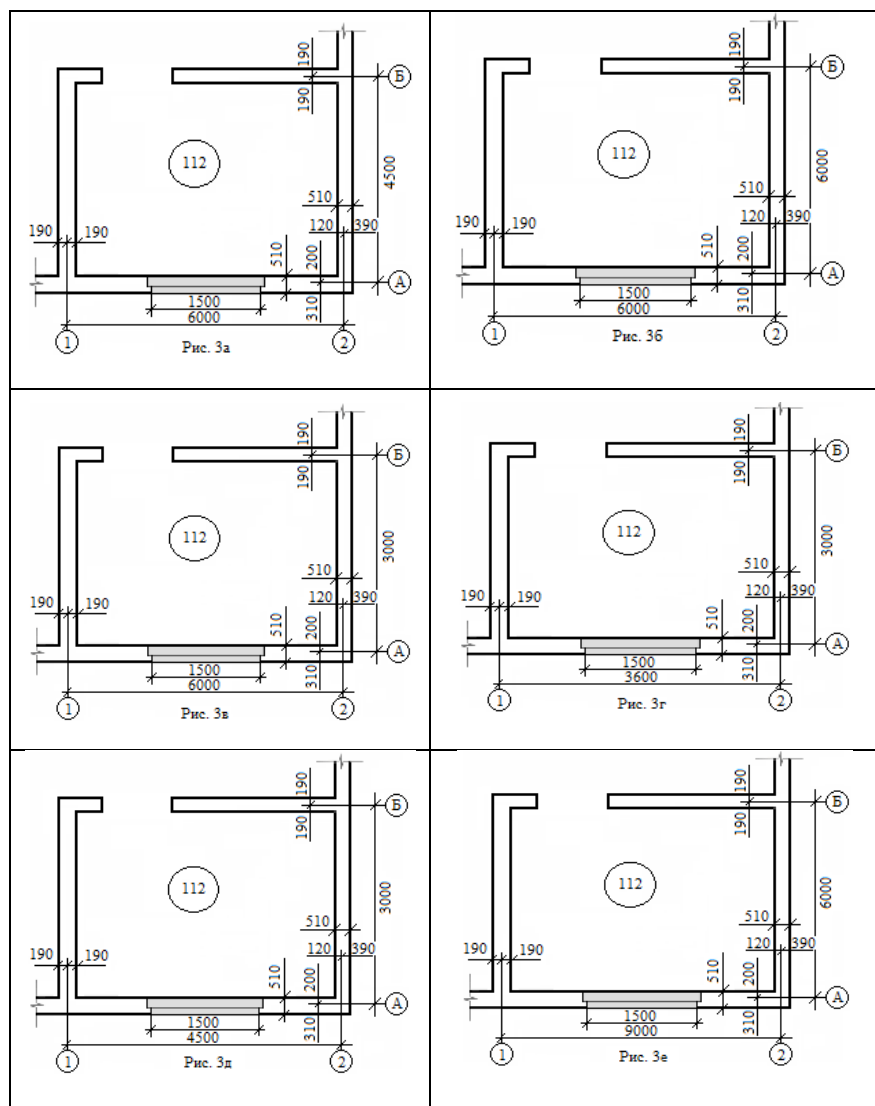


Рис. 3. Схема кутового приміщення

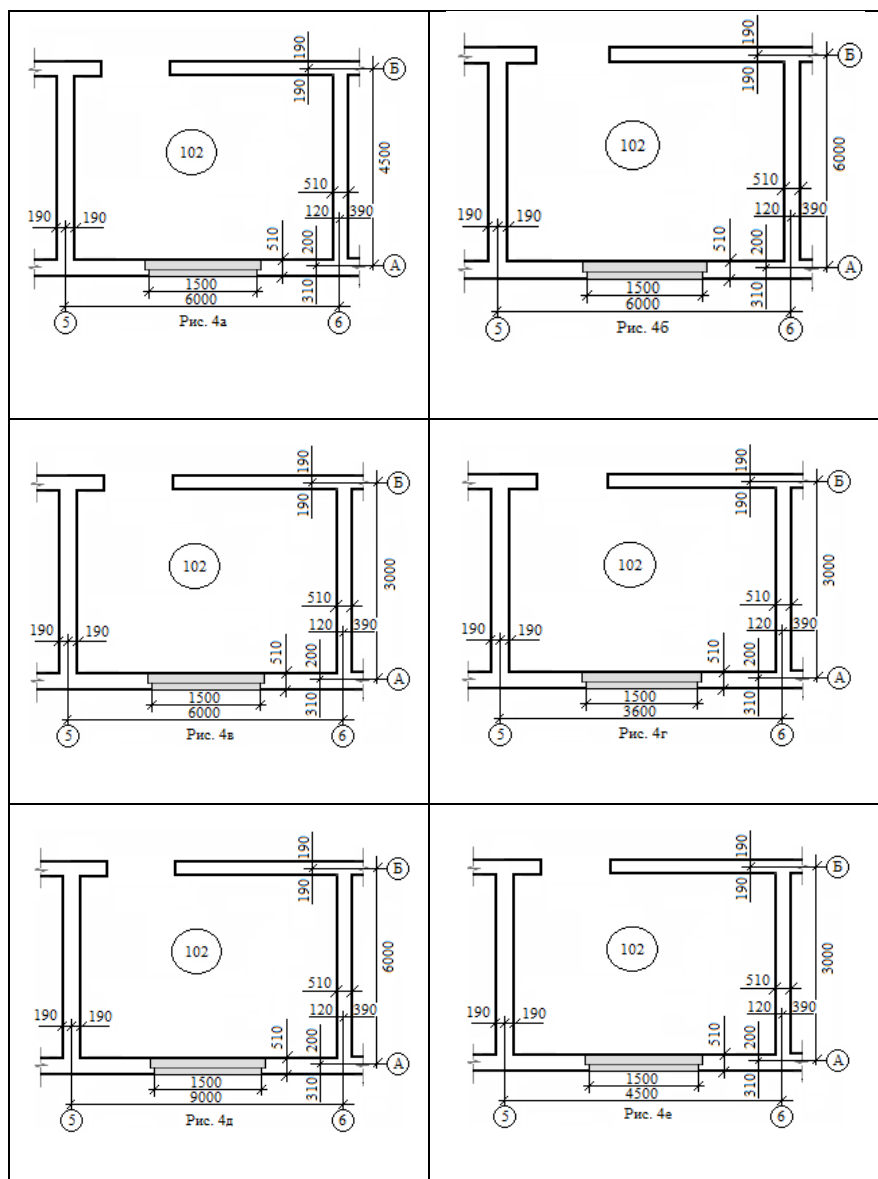


Рис. 4. Схема кухні

4. Підбір опалювальних приладів

На сьогодні широкого застосування набули панельні радіатори (Kermi, Korado, Purmo, Emtas, Sanica, Voogel&noot, Protherm, DayLux тощо). За кількістю з'єднаних між собою панелей розрізняють такі типи радіаторів:

- тип 10 – в один ряд по глибині без конвективного оребрення і повітровипускної решітки та бокових стінок (1 – одна панель, 0 – відсутність оребрення);

- тип 11 – в один ряд по глибині з одним рядом конвективного оребрення без повітровипускної решітки (1 – одна панель, 1 – один ряд оребрення);

- тип 20 – в два ряди по глибині без конвективного оребрення з повітровипускною решіткою (2 – дві панелі, 0 – відсутність оребрення);

- тип 21 – в два ряди по глибині з одним рядом конвективного оребрення, розташованого між панелями (2 – дві панелі, 1 – один ряд оребрення);

- тип 22 – в два ряди по глибині з двома рядами конвективного оребрення, розташованого між панелями і привареного до кожної панелі (2 – дві панелі, 2 – два ряди оребрення);

- тип 30 – в три ряди по глибині з повітровипускною решіткою (3 – три панелі, 0 – відсутність оребрення);

- тип 33 – в три ряди по глибині з трьома рядами конвективного оребрення, розташованого між панелями (3 – три панелі, 3 – три ряди оребрення).

Найпоширеніші – тип 11, 22, 33.

Детальніше з типами сталевих радіаторів можна ознайомитися за посиланням: <https://radiators.in.ua/uk/blog-radiator/stalnie-radiatori-otoplenija-i-ih-osobennosti/>

Мета розрахунку – вибрати тип і розміри опалювальних приладів за тепловою потужністю.

Температуру води на вході в опалювальний прилад, °С, визначають за формулою:

$$t_1 = t_{11} - Q_{\text{ТР}} \frac{t_1 - t_0}{Q_{\text{ГР}}}, \quad (11)$$

де t_{i-1} – температура води на вході в попереднє за рухом теплоносія приміщення, °С;

t_2 і t_0 – розрахункова температура теплоносія, °С;

$Q_{np\ i-1}$ – тепловтрати попереднього за рухом теплоносія приміщення, Вт;

Q_{cm} – сумарне теплове навантаження стояка, Вт.

Середню температуру опалювального приладу, °С, визначають за формулою:

$$t_{cep\ i} = t_0 + \frac{Q_{np\ i}}{\alpha G_m} \quad (12)$$

де $Q_{np\ i}$ – тепловтрати даного i -го приміщення, Вт;

c – питома теплоємність води, $c = 4,2$ кДж/кг·°С;

α – коефіцієнт затікання води в прилад [табл. 7; 2, табл. 6.16, 6.17];

G_m – розрахункова витрата води в стояку, кг/год, яку визначають за формулою:

$$G_m = \frac{36 Q_{cm}}{c(t_2 - t_0)} \quad (13)$$

Температурний напір опалювального приладу, °С, визначають за формулою:

$$\Delta t_{cep} = t_{cep} - t_n, \quad (14)$$

де t_n – температура повітря в приміщенні, °С [6, табл. Д.4].

Номінальний тепловий потік опалювального приладу, Вт, визначають за формулою:

$$Q_{nm} = \frac{K_m \cdot q_p \cdot \beta}{\varphi}, \quad (15)$$

де K_m – коефіцієнт, що застосовують для опалювальних приладів з автоматичним регулятором температури повітря приміщення (окрім електричної опалювальної панелі в конструкції огороження приміщення) [6, п. 6.7.12]: $K_m = 1,15$ – для приміщень з розрахунковою температурою приміщення, що дорівнює найменшій температурі діапазону її норми згідно з [2, табл. 6.3, 6.4; 6, додатки Д, Е]; $K_m = 1,1$ – для приміщень з

розрахунковою температурою приміщення, що дорівнює середній температурі діапазону її норми згідно з [2, табл. 6.3, 6.4; 6, додатки Д, Е]; $K_m = 1$ – для опалювальних приладів без автоматичного регулятора температури повітря приміщення;

β_4 – коефіцієнт, що залежить від схеми встановлення опалювальних приладів [табл. 11; 2, табл. 6.22];

φ – поправний коефіцієнт до номінальної щільності теплового потоку, який визначають за формулою:

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t_{\text{сер}}}{\Delta t_n} \right)^n \cdot \left(\frac{G_{\text{пр}}}{G} \right)^p \cdot c, \quad (16)$$

де n, p – емпіричні показники міри відповідно за відносних температурного напору та витрати теплоносія [табл. 4,5; 1, табл. 6.18,6.19];

c – поправний коефіцієнт, за допомогою якого враховують вплив схеми руху теплоносія на тепловий потік і коефіцієнт теплопередачі приладу при нормованих температурному напорі, витраті теплоносія і атмосферному тискові [табл. 8, 9; 2, табл. 6.18, 6.19];

m – поправний коефіцієнт, за допомогою якого враховують специфіку залежності теплового потоку і коефіцієнта теплопередачі панельного радіатора від схеми руху теплоносія [табл. 8; 2, табл. 6.18, табл. 6.20], для решти типів опалювальних приладів коефіцієнт m не враховують;

Δt_n – номінальний температурний напір, °С:

$$\Delta t_n = \frac{G_{\text{пр}} \cdot c \cdot (t_{\text{ex}} - t_{\text{вх}})}{360}, \quad (17)$$

де t_{ex} – температура води на вході в прилад, °С;

$t_{\text{вх}}$ – температура води на виході з приладу, °С;

G_n – номінальна витрата теплоносія у приладі, приймають 360 кг/год або за даними виробників опалювальних приладів;

$G_{\text{пр}}$ – дійсна витрата води в опалювальному приладі, кг/год, яку визначають за формулами:

$$G_{\text{пр}} = \frac{360_{\text{пр}}}{c \cdot (t_{\text{ex}} - t_{\text{вх}})}, \quad (18)$$

Таблиця 7

Значення коефіцієнта затікання води α в опалювальний прилад для однотрубних систем водяного опалення із сталевими панельними радіаторами «VONOVA» (Voogel&noot)

При використанні				
триходових клапанів «CALIS-TS» діаметром 15, 20 мм		термостатів «ГЕРЦ-ТС-Е»		
		α для діаметрів труб радіаторного вузла $d_{ст}$ $\times d_{зд} \times d_{підв}$		
робочий стан	α	тип радіатора	15x15x15	20x15x15
Клапан закритий	0	11К	0,193	0,160
Режим 2К	0,5	21К	0,223	0,182
Режим 3К	0,6	22К	0,224	0,184
Клапан відкритий	0,8	33К	0,226	0,187

Таблиця 8

Усереднені значення показників степенів n й m та коефіцієнта c при різних схемах руху теплоносія в радіаторах

Схема руху теплоносія	Витрата теплоносія $G_{пр}$		n	c	p	m
	кг/с	кг/год				
Зверху-вниз	0,015-0,15	54-540	0,3	1	0	1
Знизу-вверх	0,015-0,15	54-540	0,33	0,78	0,1	табл. 6.20 [1]
Знизу-вниз	0,015-0,1	54-360	0,28	0,96	0	1

Примітка. Дані, наведені в таблиці, отримані під час випробувань радіаторів 11, 12, 22 та 33 типу, висотою від 300 мм до 600 мм та довжиною від 400 мм до 1400 мм й усереднені в межах припустимої похибки ($\pm 1\%$).

Таблиця 9

Значення показників n , p , c для визначення теплового потоку опалювальних приладів

Тип опалювальних приладів	Напрямок руху теплоносія	Витрата теплоносія $G_{пр}$, кг/год	n	p	c
Радіатор чавунний секційний і сталевий панельний однорядний і дворядний типу РСВ1	Зверху-вниз	18 – 50	0,3	0,02	1,039
		54 – 536		0	1,0
		536 - 900		0,01	0,996
	Знизу-вниз	18 – 115	0,15	0,08	1,092
		116 - 900		0	1,0
	Знизу-вверх	18 - 64	0,25	0,12	1,113
65 - 900		0,04		0,97	
Радіатор сталевий панельний типу РСГ2 однорядний	Зверху-вниз	22 - 288	0,3	0,025	1
	Знизу-вверх	324 - 900		0	
Радіатор сталевий панельний типу РСГ2 однорядний	Зверху-вниз	22 - 288	0,3	0,025	1
	Знизу-вверх	324 - 900		0	
Біметалеві прилади типу “Корал”		96 - 900	0,3	0,04	1

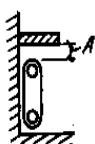
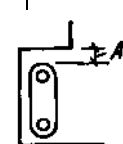
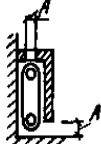

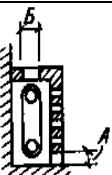
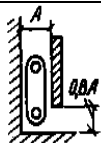
Таблиця 10

Номінальний тепловий потік сталевих панельних радіаторів
«VONOVA» (Voogel&noot), Вт, з боковим підключенням

Ви- со- та, мм	Температура на вході 90 °С, температура на виході 70 °С, температура повітря в приміщенні 20 °С									
	Довжина, мм									
	тип	400	520	600	720	800	920	1000	1120	1200
3 0 0	11К	288	374	432	518	576	662	720	806	864
	21К	427	555	640	769	854	982	1067	1195	1281
	22К	558	725	837	1005	1116	1284	1395	1563	1674
	33К	796	1035	1194	1433	1592	1830	1990	2228	2388
4 0 0	11К	362	470	543	651	723	832	904	1013	1085
	21К	534	694	801	961	1068	1229	1335	1496	1602
	22К	659	903	1042	1250	1389	1598	1737	1945	2084
	33К	992	1289	1488	1785	1984	2281	2479	2777	2975
5 0 0	11К	431	560	647	776	862	992	1078	1207	1293
	21К	634	825	952	1142	1269	1459	1586	1776	1903
	22К	823	1069	1234	1481	1645	1892	2056	2303	2468
	33К	1172	1524	1758	2110	2344	2696	2930	3282	3516
6 0 0	11К	498	648	747	897	997	1146	1246	1395	1495
	21К	729	948	1093	1312	1458	1676	1822	2041	2187
	22К	943	1226	1414	1697	1886	2169	2357	2640	2829
	33К	1340	1742	2010	2412	2680	3082	3350	3752	4020

Таблиця 11

Схеми встановлення радіаторів і значення коефіцієнта β_4

<p>а)</p>  <table> <thead> <tr> <th>A, мм</th> <th>β_4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40</td> <td>1,05</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>1,03</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>1,02</td> </tr> </tbody> </table>	A, мм	β_4	40	1,05	80	1,03	100	1,02	<p>б)</p>  <table> <thead> <tr> <th>A, мм</th> <th>β_4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40</td> <td>1,11</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>1,07</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>1,06</td> </tr> </tbody> </table>	A, мм	β_4	40	1,11	80	1,07	100	1,06	<p>в)</p>  <table> <thead> <tr> <th>A, мм</th> <th>β_4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>260</td> <td>1,12</td> </tr> <tr> <td>220</td> <td>1,13</td> </tr> <tr> <td>180</td> <td>1,19</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>1,25</td> </tr> </tbody> </table>	A, мм	β_4	260	1,12	220	1,13	180	1,19	150	1,25
A, мм	β_4																											
40	1,05																											
80	1,03																											
100	1,02																											
A, мм	β_4																											
40	1,11																											
80	1,07																											
100	1,06																											
A, мм	β_4																											
260	1,12																											
220	1,13																											
180	1,19																											
150	1,25																											
<p>г)</p>  <table> <thead> <tr> <th>A, мм</th> <th>β_4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>130</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>130</td> <td>1,4</td> </tr> </tbody> </table>	A, мм	β_4	130	1,2	130	1,4	<p>д)</p>  <table> <thead> <tr> <th>A, мм</th> <th>β_4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>1,15</td> </tr> </tbody> </table>	A, мм	β_4	100	1,15	<p>е)</p>  <table> <thead> <tr> <th>A, мм</th> <th>β_4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	A, мм	β_4	-	0,9												
A, мм	β_4																											
130	1,2																											
130	1,4																											
A, мм	β_4																											
100	1,15																											
A, мм	β_4																											
-	0,9																											

Задача 8. Підібрати сталеві панельні радіатори для однотрубної системи водяного опалення з верхнім розведенням. Будинок має три поверхи. Тепловтрати на третьому поверсі становлять $Q_{\text{пр3}} = 1500$ Вт, на другому – $Q_{\text{пр2}} = 1200$ Вт, на першому – $Q_{\text{пр1}} = 1300$ Вт. Розрахункова температура на вході в перший прилад за рухом теплоносія $t_{\text{вх}} = 95^\circ \text{C}$. Параметри теплоносія становлять $-95-70^\circ \text{C}$. Стойки опалення і горизонтальні підведення в кімнаті виконані приховано з теплоізоляцією. Діаметр стояка – 15 мм. Опалювальні прилади встановлюють відкрито під підвіконням (схема а). Відстань між підвіконням і опалювальним приладом – 100 мм. Опалювальні прилади з автоматичним регулятором температури повітря приміщення.

Рішення: Оскільки система опалення запроєктована з верхнім розведенням, то всі розрахунки починаємо з третього поверху.

Температуру на вході в опалювальні прилади визначають за формулою (11):

$$t_{312} = 95^\circ \text{C}; \quad t_{312} = \frac{9500 - 2000}{4050} = 85,6^\circ \text{C};$$

$$t_{112} = \frac{9500 - 0000}{4050} = 78,1^\circ \text{C}.$$

Розрахункова витрата води в за формулою (13) становить:

$$\frac{G}{\text{ch}} = \frac{3015000}{4050} = 137 \text{ кг/год.}$$

Середню температуру опалювального приладу визначають за формулою при режимі 2К (12):

$$t_{\text{ср312}} = \frac{95 + 85,6}{2} = 85,6^\circ \text{C};$$

$$t_{\text{ср212}} = \frac{95 + 78,1}{2} = 78,1^\circ \text{C};$$

$$t_{\text{ср112}} = \frac{95 + 70}{2} = 70^\circ \text{C}.$$

Температурний напір опалювального приладу визначено за формулою (14):

$$\Delta t_{\text{cep}}^{312} = 85,6 - 22 = 63,6^\circ \text{C}; \quad \Delta t_{\text{cep}}^{212} = 78,1 - 22 = 56,1^\circ \text{C};$$

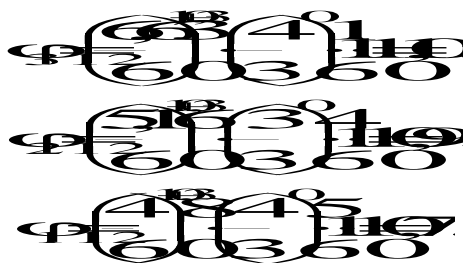
$$\Delta t_{\text{cep}}^{112} = 70 - 22 = 48^\circ \text{C}.$$

Номинальний температурний напір сталевого панельного радіатора VONOVA з боковим підключенням визначено за формулою (17):

$$\Delta t_n = 0,5(90 + 70) - 20 = 60^\circ \text{C},$$

де $t_{\text{ax}}, t_{\text{aux}}, t_n$ – за даними [табл. 10].

Поправний коефіцієнт до номінальної щільності теплового потоку за формулою (16) становить:



де $n = 0,3, p = 0, c = 1, m = 1$ [табл. 8].

Розрахункова витрата води в приладі за формулою (18) становить:

$$G_{np12} = \frac{36150}{405} = 51 \text{ кг/год};$$

$$G_{np12} = \frac{36120}{405} = 41 \text{ кг/год};$$

$$G_{np12} = \frac{36130}{405} = 46 \text{ кг/год}.$$

Номинальний тепловий потік опалювального приладу за формулою (15):

$$Q_{\text{ном}12} = \frac{115000}{079} = 145571$$

$$Q_{\text{ном}12} = \frac{115000}{016} = 718750$$



де $K_r = 1,15$ – для приміщень з розрахунковою температурою приміщення, що дорівнює найменшій температурі діапазону її норми згідно з [6, додатки Д, Е];

$$\beta_4 = 1,02 \text{ [табл. 11].}$$

За величиною $Q_{нт}$ підбираємо опалювальний прилад типу 22К:

№ приміщення	$Q_{нт}$ (за формулою 15)	$Q_{нт}$ (за табл. 10)	Висота, мм (за табл. 10)	Довжина, мм (за табл. 10)
312	1631	1645	500	800
212	1537	1563	300	1120
112	2039	2056	500	1000

Умова для самостійного рішення задачі 8: Підібрати сталеві панельні радіатори для однотрубно́ї системи водяного опалення з верхнім розведенням. Будинок має три поверхи. Тепловтрати на третьому поверсі становлять $Q_{пр3} =$ (згідно із завданням) Вт, на другому – $Q_{пр2} =$ (згідно із завданням) Вт, на першому – $Q_{пр1} =$ (згідно із завданням) Вт. Розрахункова температура на вході в перший прилад за рухом теплоносія $t_{вх} = 95^\circ \text{C}$. Параметри теплоносія становлять $-95-70^\circ \text{C}$. Стойки опалення і горизонтальні підведення в кімнаті виконані приховано з теплоізоляцією. Діаметр стояка – 15 мм. Опалювальні прилади встановлюють відкрито під підвіконням (схема а). Відстань між підвіконням і опалювальним приладом – (згідно із завданням) мм. Опалювальні прилади з автоматичним регулятором температури повітря приміщення.

варіант	1	2	3	4	5	6	7
$Q_{пр3}$, Вт	1200	1300	1500	2000	1800	2800	1000
$Q_{пр2}$, Вт	1000	1000	1300	1500	1500	2200	800
$Q_{пр1}$, Вт	1300	1200	1400	1800	1700	2500	900
A, мм	100	80	40	100	80	40	100
варіант	8	9	10	11	12	13	14
$Q_{пр3}$, Вт	2500	2400	1300	1600	1200	1600	2300
$Q_{пр2}$, Вт	2000	1800	900	1400	1100	1200	1800
$Q_{пр1}$, Вт	2200	2300	1000	1500	1000	1500	2000
A, мм	80	40	100	80	40	100	80
варіант	15	16	17	18	19	20	21
$Q_{пр3}$, Вт	2500	3000	2800	2600	2000	1500	1400

Q _{пр2} , Вт	2200	2500	2300	2000	1000	1000	800
Q _{пр1} , Вт	2300	2600	2500	2500	1900	1200	1300
A, мм	40	100	80	40	100	80	40
варіант	22	23	24	25	26	27	28
Q _{пр3} , Вт	2300	2600	2200	3200	3300	3500	4000
Q _{пр2} , Вт	1800	2400	2100	3000	3000	3300	3500
Q _{пр1} , Вт	1900	2500	2000	3300	3100	3400	3800
A, мм	100	80	40	100	80	40	100
варіант	29	30	31	32	33	34	35
Q _{пр3} , Вт	3800	1600	3000	3500	3400	3300	3600
Q _{пр2} , Вт	3500	1000	2800	3000	2800	2900	3400
Q _{пр1} , Вт	3600	1500	2900	3200	3300	3000	3500
A, мм	80	40	100	80	40	100	80

Приблизний розрахунок потужності опалювального приладу

За даними компанії romstal.ua при спрощених розрахунках можна вважати, що потрібно 70-80 Вт на 1 кв.м. Таким чином, знаючи площу приміщення, можна підрахувати значення теплової потужності, необхідної для якісного обігрівання приміщення. Однак, слід враховувати кількість вікон і зовнішніх стін:

- якщо в кімнаті 1 вікно і 2 зовнішні стіни – потужність необхідно збільшити на 20%;
- якщо в кімнаті 2 вікна і 2 зовнішні стіни – на 30%;
- якщо вікно виходить на північ і північний схід – на 10%;
- радіатор перебуває в досить глибокій ніші – на 5%;
- радіатор закритий суцільною панеллю з двома горизонтальними щілинами – на 15%.

Умова для самостійного рішення задачі 9: За спрощеним розрахунком для кімнати, розміри якої наведені в задачі 6 (згідно з варіантом), підібрати сталеві радіатори Emtas. Параметри теплоносія становлять – 80-60° С. Опалювальний прилад розташований в (згідно із завданням) ніші. Опалювальний прилад закритий або ні (згідно із завданням) суцільною панеллю з двома горизонтальними щілинами.

Варіант	1	2	3	4	5
ніша	глибока	неглибока	глибока	неглибока	глибока
панель	є	немає	немає	є	є
Варіант	6	7	8	9	10
ніша	неглибока	глибока	неглибока	глибока	неглибока

панель	немає	немає	є	є	є
Варіант	11	12	13	14	15
ніша	глибока	неглибока	глибока	неглибока	глибока
панель	є	немає	є	немає	немає
рисунок	4д	4е	4а	4б	4в
Варіант	16	17	18	19	20
ніша	неглибока	глибока	неглибока	глибока	неглибока
панель	є	є	немає	є	немає
Варіант	21	22	23	24	25
ніша	глибока	неглибока	глибока	неглибока	глибока
панель	немає	є	є	немає	є
Варіант	26	27	28	29	30
ніша	глибока	неглибока	глибока	неглибока	глибока
панель	є	немає	немає	є	є

За даними компанії romstal.ua при підборі опалювальних приладів можна застосовувати розрахункову формулу для визначення потужності, Вт:

$$Q_{16BK} \quad (19)$$

де **1,163** - коефіцієнт корекції, який дозволяє перейти від калорій до Вт;
V - об'єм приміщення, м³;

Kk - коефіцієнт калорійності приміщення; зазвичай цей коефіцієнт має значення від 40 до 70 ккал/м³ (чим нижчий, тим краще ізольована кімната). Для швидкого розрахунку (приватний будинок) можна використовувати значення 50 ккал/м³.

Умова для самостійного рішення задачі 10: За розрахунковою формулою компанії romstal.ua підібрати сталеві радіатори Emtas для кімнати приватного будинку. Параметри теплоносія становлять – 80-60° С. Висота приміщення 2,7 м. Розміри площі приміщення – із задачі 6, згідно з варіантом.

5. Визначення природного циркуляційного тиску

Природний циркуляційний тиск, що виникає у вертикальній однотрубній системі опалення, Па, визначають за формулою:

$$\Delta P_{\text{пр}} = \beta g H \quad (20)$$

де β – середній приріст густини теплоносія з пониженням його температури на 1° С [табл. 12; 8, табл. 10.4];

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

Q_{cm} – теплове навантаження стояка, Вт;
 t_2 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі системи опалення, °С;
 t_o – температура теплоносія в зворотному трубопроводі системи опалення, °С;
 Q_i – теплові навантаження опалювальних приладів, Вт;
 h_i – вертикальні відстані між умовними центрами охолодження і-го приладу і нагрівання, м.

Таблиця 12

Значення β залежно від розрахункової різниці температур в системі

$t_r - t_o, \text{ }^\circ\text{C}$	$\beta, \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$	$t_r - t_o, \text{ }^\circ\text{C}$	$\beta, \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$
85-65	0,60	115-70	0,68
95-70	0,64	130-70	0,72
105-70	0,66	150-70	0,76

Природний тиск, який виникає внаслідок охолодження води, Па, для двотрубною системи опалення розраховують за формулою:

$$\Delta P_{np} = g h (\rho_o - \rho_r) \quad (21)$$

де g – прискорення вільного падіння;

ρ_o – густина охолодженої води, кг/м³ [табл. 13; 8, додаток 1, табл. 1.6];

ρ_r – густина гарячої води, кг/м³ [табл. 13; 8, додаток 1, табл. 1.6];

h – відстань від центру охолодження до центру нагрівання, м.

Таблиця 13

Залежність густини води від температури

Температура, °С	Густина, кг/м ³	Температура, °С	Густина, кг/м ³
60	983,2	110	951,0
70	977,7	120	943,1
80	971,8	130	934,8
90	965,3	140	926,1
100	958,3	150	916,9

Задача 11. Визначити природний циркуляційний тиск, який виникає через охолодження води в приладах триповерхового стояка однотрубною системи опалення, якщо теплове навантаження приладів становить: на першому поверсі $Q_1 = 1400$ Вт, на другому поверсі $Q_2 = 950$ Вт і на третьому $Q_3 = 1200$ Вт. Центри охолодження приладів знаходяться на відмітках: на першому поверсі +0,5 м, на другому поверсі +3,5 м і на третьому +6,5 м, а

центр нагрівання – на відмітці -0,5 м. Розрахункові температури теплоносія в системі опалення 95-70° С.

Рішення: Природний циркуляційний тиск, що виникає у вертикальній однотрубній системі опалення, визначають за формулою (20):

~~$$\beta = g \cdot h \cdot \rho \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad \text{Па,}$$~~

де $\beta = 0,64$ [табл. 12]; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; $Q_{ст}$ – теплове навантаження стояка, Вт; $t_r = 95^\circ \text{ С}$; $t_o = 70^\circ \text{ С}$; Q_{cm} – теплове навантаження стояка:

~~$$Q_{cm} = Q_{1,2,3} \quad \text{Вт.}$$~~

Для приладу першого поверху: ~~$h_1 = 0,5 \text{ м}$~~ ;

Для приладу другого поверху: ~~$h_2 = 3,5 \text{ м}$~~ ;

Для приладу третього поверху: ~~$h_3 = 6,5 \text{ м}$~~ .

Умова для самостійного рішення задачі 11: Визначити природний циркуляційний тиск, який виникає через охолодження води в приладах триповерхового стояка однотрубної системи опалення, якщо теплове навантаження приладів становить: на першому поверсі Q_1 , Вт (згідно із завданням), на другому поверсі Q_2 , Вт (згідно із завданням) і на третьому Q_3 , Вт (згідно із завданням). Центри охолодження приладів знаходяться на відмітках: на першому поверсі +0,5 м, на другому поверсі +3,5 м і на третьому +6,5 м, а центр нагрівання – на відмітці, м (згідно із завданням). Розрахункові температури теплоносія в системі опалення, °С (згідно із завданням).

варіант	1	2	3	4	5	6	7
Q_1 , Вт	1200	1300	1500	2000	1800	2800	1000
Q_2 , Вт	1000	1000	1300	1500	1500	2200	800
Q_3 , Вт	1300	1200	1400	1800	1700	2500	900
$t_r - t_o$, °С	85-65	95-70	85-65	95-70	85-65	95-70	85-65
цн, м	-0,5	-0,7	-1,0	-1,2	-0,8	-0,5	-1,1
варіант	8	9	10	11	12	13	14
Q_1 , Вт	2500	2400	1300	1600	1200	1600	2300
Q_2 , Вт	2000	1800	900	1400	1100	1200	1800
Q_3 , Вт	2200	2300	1000	1500	1000	1500	2000
$t_r - t_o$, °С	95-70	95-70	85-65	95-70	85-65	95-70	85-65
цн, м	-1,4	-1,3	-1,5	-0,9	-0,8	-2,0	-2,1
варіант	15	16	17	18	19	20	21

Q_1 , Вт	2500	3000	2800	2600	2000	1500	1400
Q_2 , Вт	2200	2500	2300	2000	1000	1000	800
Q_3 , Вт	2300	2600	2500	2500	1900	1200	1300
t_r-t_0 , °C	85-65	95-70	85-65	95-70	85-65	95-70	95-70
цн, м	-1,8	-1,7	-1,6	-1,9	-1,5	-1,4	-1,3
варіант	22	23	24	25	26	27	28
Q_1 , Вт	2300	2600	2200	3200	2500	4500	1800
Q_2 , Вт	1800	2400	2100	3000	2000	3800	1600
Q_3 , Вт	1900	2500	2000	3100	2400	4200	1700
t_r-t_0 , °C	85-65	95-70	85-65	95-70	85-65	95-70	85-65
цн, м	-1,2	-1,0	-0,9	-0,5	-1,0	-0,8	-1,5
варіант	29	30	31	32	33	34	35
Q_1 , Вт	1200	2200	1200	2200	1500	1500	1800
Q_2 , Вт	1000	1800	1100	2000	1000	1800	1600
Q_3 , Вт	1400	2100	1000	2100	1400	2200	1700
t_r-t_0 , °C	85-65	95-70	85-65	95-70	85-65	95-70	95-70
цн, м	-1,6	-1	-0,8	-1,5	-1,4	-1,8	-1,1

Задача 12. Визначити величину природного циркуляційного тиску, який виникає у двотрубній системі опалення з параметрами теплоносія 95-70° C, для циркуляційного кільця з опалювальним приладом, центр охолодження якого знаходиться на відмітці +25,0 м, а центр нагрівання - на відмітці +0,5 м.

Рішення: Природний тиск, який виникає внаслідок охолодження води, для двотрубної системи опалення розраховують за формулою (21):

$$\rho_o \cdot g \cdot h \cdot \Delta t \cdot \rho_w \cdot 10^{-6} \text{ Па,}$$

де $\rho_o = 977,7 \text{ кг/м}^3$ [табл. 13]; $\rho_w = 961,8 \text{ кг/м}^3$ [табл. 13];

$$h = 25,0 - 0,5 = 24,5 \text{ м.}$$

Умова для самостійного рішення задачі 12: Визначити величину природного циркуляційного тиску, який виникає у двотрубній системі опалення з параметрами теплоносія, °C (згідно із завданням), для циркуляційного кільця з опалювальним приладом, центр охолодження якого знаходиться на відмітці, м (згідно із завданням), а центр нагрівання - на відмітці, м (згідно із завданням).

варіант	1	2	3	4	5	6	7
t_r-t_0 , °C	85-65	95-70	85-60	85-65	90-70	95-65	85-60

цо, м	+20,0	+15,0	+28,0	+16,0	+29,0	+32,0	+33,0
цн, м	+0,5	-0,5	-1,0	+1,0	+0,8	-0,5	-1,1
варіант	8	9	10	11	12	13	14
$t_r-t_o, ^\circ\text{C}$	95-70	85-70	95-75	80-65	90-70	85-65	95-70
цо, м	+24,0	+24,5	+46,5	+16,5	+18,5	+25,5	+25,0
цн, м	+1,1	+1,3	-1,3	-0,9	+0,8	-0,5	+0,7
варіант	15	16	17	18	19	20	21
$t_r-t_o, ^\circ\text{C}$	90-70	85-70	90-75	90-75	85-65	95-70	85-70
цо, м	+41,0	+15,0	+54,0	+21,0	+28,5	+45,0	+34,0
цн, м	-1,0	+1,2	-0,8	+0,5	+1,1	-1,4	+1,3
варіант	22	23	24	25	26	27	28
$t_r-t_o, ^\circ\text{C}$	85-60	90-70	90-75	85-65	95-70	95-75	90-65
цо, м	+18,0	+18,5	+29,0	+45,0	+15,0	+51,0	+26,0
цн, м	-1,5	+0,9	-0,8	-1,0	+1,0	-0,9	+0,9
варіант	29	30	31	32	33	34	35
$t_r-t_o, ^\circ\text{C}$	85-60	80-60	90-70	85-65	85-60	85-70	90-70
цо, м	28	21,5	19	35	25	41	23
цн, м	-1,5	+0,9	-0,8	-1,0	+1,0	-0,9	+0,9

6. Визначення витрат теплоносія

Розрахунку витрату теплоносія в системі опалення, кг/год, визначають за формулою:

$$G = \frac{36Q}{c(t_2 - t_o)} \quad (22)$$

де Q – теплова потужність системи опалення, Вт;

$c = 4,2$ кДж/(кг·°C) – питома теплоємність води;

t_2 – температура теплоносія в подавальному трубопроводі системи опалення, °C;

t_o – температура теплоносія в зворотному трубопроводі системи опалення, °C.

Задача 13. Визначити витрату теплоносія ділянки 1–2 з розрахунковими параметрами 95-70° C, якщо відомо, що $Q_1 = 1300$ Вт, $Q_2 = 1150$ Вт, $Q_3 = 80$ Вт, $Q_4 = 1000$ Вт, $Q_5 = 1100$ Вт, $Q_6 = 900$ Вт, $Q_7 = 1300$ Вт.

Рішення: Розрахунку витрату теплоносія в системі опалення визначають за формулою (22):

$$G = \frac{36300}{4950} \text{ кг/год,}$$

де $Q_{1-2} = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$,

$$Q_{1-2} = 1150 + 850 + 1000 + 1100 + 900 + 1300 = 6300 \text{ Вт.}$$

Умова для самостійного рішення задачі 13: Визначити витрату теплоносія ділянки (згідно із завданням) з розрахунковими параметрами, °C (згідно із завданням).

варіант	1	2	3	4	5	6	7
$t_r - t_0, \text{ }^\circ\text{C}$	85-65	95-70	85-65	85-70	90-70	90-70	85-65
$Q_1, \text{ Вт}$	1000	2000	980	1500	1800	1100	1600
$Q_2, \text{ Вт}$	1200	2200	1000	1400	1700	1200	1650
$Q_3, \text{ Вт}$	1100	2300	950	1450	1600	1300	1250
$Q_4, \text{ Вт}$	1050	2400	1200	1300	1200	1400	1200
$Q_5, \text{ Вт}$	980	2100	1500	1290	1450	1540	1400
$Q_6, \text{ Вт}$	1050	2000	1250	1340	1530	1620	1250
$Q_7, \text{ Вт}$	1200	2300	1390	1400	1650	1780	1340
ділянка	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	2_3	1_2
варіант	8	9	10	11	12	13	14
$t_r - t_0, \text{ }^\circ\text{C}$	95-70	85-60	95-70	80-60	80-60	85-65	95-70
$Q_1, \text{ Вт}$	1500	1700	2000	680	450	1300	1000
$Q_2, \text{ Вт}$	1550	1800	1700	800	600	1400	1200
$Q_3, \text{ Вт}$	1400	1900	1900	900	650	1000	1300
$Q_4, \text{ Вт}$	1600	2000	1800	580	700	1150	1400
$Q_5, \text{ Вт}$	1200	1600	1500	1000	820	980	1100
$Q_6, \text{ Вт}$	1300	1500	1600	870	640	870	1250
$Q_7, \text{ Вт}$	1400	1900	1800	750	900	1250	1300
ділянка	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	3_4	4_5
варіант	15	16	17	18	19	20	21
$t_r - t_0, \text{ }^\circ\text{C}$	85-65	85-70	90-70	90-70	85-65	95-70	85-60
$Q_1, \text{ Вт}$	1980	1550	1850	1150	1650	1550	1750
$Q_2, \text{ Вт}$	2000	1450	1750	1250	1400	1450	1850
$Q_3, \text{ Вт}$	1950	1500	1650	1350	1700	1800	1950
$Q_4, \text{ Вт}$	2200	1350	1250	1450	1250	1300	2050
$Q_5, \text{ Вт}$	1800	1600	1200	1100	1500	1200	2100
$Q_6, \text{ Вт}$	1900	1500	1300	1320	1390	1300	2000
$Q_7, \text{ Вт}$	2000	1900	1400	1230	1400	1400	2080
ділянка	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	3_4	5_6
варіант	22	23	24	25	26	27	28
$t_r - t_0, \text{ }^\circ\text{C}$	95-70	85-60	95-70	80-60	80-60	85-65	95-70
$Q_1, \text{ Вт}$	2100	1680	1450	1100	1000	1980	1600

Q ₂ , Вт	1750	1800	1600	1000	1200	2000	1450
Q ₃ , Вт	1950	1900	1650	1100	1300	1950	1750
Q ₄ , Вт	1850	1580	1700	1050	1400	2200	1700
Q ₅ , Вт	2000	1780	1560	1200	1230	2190	1600
Q ₆ , Вт	2030	1790	1450	1300	1000	2080	1500
Q ₇ , Вт	2080	1230	1340	1400	1080	1970	1900
ділянка	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	3_4	4_5
варіант	29	30	31	32	33	34	35
t _r -t ₀ , °С	85-65	85-70	90-70	90-70	85-65	95-70	85-60
Q ₁ , Вт	2100	1680	1450	1100	1000	1980	1600
Q ₂ , Вт	1750	1800	1600	1000	1200	2000	1450
Q ₃ , Вт	1950	1900	1650	1100	1300	1950	1750
Q ₄ , Вт	1850	1580	1700	1050	1400	2200	1700
Q ₅ , Вт	1900	1600	1400	1430	900	1800	1230
Q ₆ , Вт	1800	1500	1200	1300	890	1200	1450
Q ₇ , Вт	1450	1900	1230	1400	1200	1300	1200
ділянка	1-2	2-3	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6

7. Визначення параметрів внутрішнього повітря

Параметри мікроклімату при опаленні, вентиляції, кондиціонуванні та охолодженні повітря приймають для холодного і теплого періоду року згідно з вимогами [6].

При розрахунку систем вентиляції у струмені припливного повітря на його вході в робочу зону або в зону обслуговування приміщення визначають максимальну швидкість руху повітря, максимальну температуру при компенсації врат теплоти у приміщенні та мінімальну температуру при асиміляції (поглинанні) залишків теплоти у приміщенні.

Максимальну швидкість руху повітря, м/с, визначають за формулою:

$$v_n = K_n \cdot v_n, \quad (23)$$

де v_n – нормована швидкість руху повітря, м/с, на робочих місцях у робочій зоні [6, додаток Е];

K_n – коефіцієнт переходу від нормованої швидкості руху повітря у приміщенні до максимальної швидкості у струмені припливного повітря [6, додаток Ж].

Максимальну температуру при компенсації врат теплоти у приміщенні, °С, визначають за формулою:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{н}} + \Delta t_1, \quad (24)$$

де t_n – нормована температура повітря, °С, на робочих місцях у робочій зоні [6, додаток Е];

Δt_1 – допустиме відхилення температури, °С, у струмені припливного повітря від нормованої температури повітря в робочій зоні [6, додаток И].

Мінімальну температуру при асиміляції (поглинанні) залишків теплоти у приміщенні, °С, визначають за формулою:

$$t_n^I = t_n + \Delta t_2, \quad (25)$$

де Δt_2 – допустиме відхилення температури, °С, у струмені припливного повітря від нормованої температури повітря в робочій зоні [6, додаток И].

Задача 14. Визначити для холодного і теплого періодів року (оптимальні та допустимі умови) максимальну швидкість руху повітря у струмені припливного повітря на його вході в робочу зону приміщення, максимальну температуру при компенсації втрат теплоти у приміщенні, мінімальну температуру при асиміляції (поглинанні) надлишків теплоти у приміщенні, якщо відомо: категорія робіт - легка Іа, розташування людей - у зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки, робочі місця - постійні.

Рішення:

Холодний період року (оптимальні умови)							
$v_{н}, \text{ м/с}$	$t_{н}, \text{ }^\circ\text{С}$	$K_{п}$	$\Delta t_1, \text{ }^\circ\text{С}$	$\Delta t_2, \text{ }^\circ\text{С}$	$v_{н}, \text{ м/с}$	$t_{н}, \text{ }^\circ\text{С}$	$t_{н}^I, \text{ }^\circ\text{С}$
0,1	22-24	1	1	1	0,1	23-25	23-25
Холодний період року (допустимі умови)							
$v_{н}, \text{ м/с}$	$t_{н}, \text{ }^\circ\text{С}$	$K_{п}$	$\Delta t_1, \text{ }^\circ\text{С}$	$\Delta t_2, \text{ }^\circ\text{С}$	$v_{н}, \text{ м/с}$	$t_{н}, \text{ }^\circ\text{С}$	$t_{н}^I, \text{ }^\circ\text{С}$
0,1	21-25	1	5	2	0,1	26-30	23-27
Теплий період року (оптимальні умови)							
$v_{н}, \text{ м/с}$	$t_{н}, \text{ }^\circ\text{С}$	$K_{п}$	$\Delta t_1, \text{ }^\circ\text{С}$	$\Delta t_2, \text{ }^\circ\text{С}$	$v_{н}, \text{ м/с}$	$t_{н}, \text{ }^\circ\text{С}$	$t_{н}^I, \text{ }^\circ\text{С}$
0,1	23-25	1	1	1	0,1	24-26	24-26
Теплий період року (допустимі умови)							
$v_{н}, \text{ м/с}$	$t_{н}, \text{ }^\circ\text{С}$	$K_{п}$	$\Delta t_1, \text{ }^\circ\text{С}$	$\Delta t_2, \text{ }^\circ\text{С}$	$v_{н}, \text{ м/с}$	$t_{н}, \text{ }^\circ\text{С}$	$t_{н}^I, \text{ }^\circ\text{С}$
0,2	22-28	1	5	2	0,2	27-33	24-30

Умова для самостійного рішення задачі 14: Визначити для холодного і теплого періодів року (оптимальні та допустимі умови) максимальну швидкість руху повітря у струмені припливного повітря на його вході в робочу зону приміщення, максимальну температуру при компенсації втрат теплоти у приміщенні, мінімальну температуру при асиміляції (поглинанні) надлишків теплоти у приміщенні, якщо відомо:

варіант	1	2	3	4	5	6
Категорія робіт	Легка Ia	Легка Ib	Середньої важкості Ia	Середньої важкості Ib	Важка III	Легка Ia
Розташування людей	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах основної ділянки	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні зворотного потоку повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах основної ділянки
Робочі місця	постійні	непостійні	постійні	непостійні	постійні	непостійні
варіант	7	8	9	10	11	12
Категорія робіт	Легка Ia	Легка Ib	Середньої важкості Ia	Середньої важкості Ib	Важка III	Легка Ia
Розташування людей	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах основної ділянки	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні зворотного потоку повітря
Робочі місця	постійні	непостійні	постійні	непостійні	постійні	непостійні
варіант	13	14	15	16	17	18
Категорія робіт	Легка Ia	Легка Ib	Середньої важкості Ia	Середньої важкості Ib	Важка III	Легка Ia
Розташування людей	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах	У зоні зворотного потоку повітря	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах	У зоні зворотного потоку повітря

	початкової ділянки			початкової ділянки	основної ділянки	
Робочі місяця	непостійні	постійні	непостійні	постійні	непостійні	постійні
варіант	19	20	21	22	23	24
Категорія робіт	Легка Ia	Легка Ib	Середньої важкості Ia	Середньої важкості Ib	Важка III	Легка Ia
Розташування людей	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні зворотного потоку повітря	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні зворотного потоку повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки
Робочі місяця	непостійні	постійні	непостійні	постійні	непостійні	постійні
варіант	25	26	27	28	29	30
Категорія робіт	Середньої важкості Ia	Середньої важкості Ib	Легка Ia	Легка Ib	Легка Ia	Важка III
Розташування людей	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки	У зоні зворотного потоку повітря	Поза зоною прямої дії припливного струменя повітря	У зоні зворотного потоку повітря	У зоні прямої дії припливного струменя повітря у межах початкової ділянки
Робочі місяця	постійні	непостійні	постійні	непостійні	постійні	непостійні

8. Забирання зовнішнього повітря

При проектуванні забирання зовнішнього повітря враховують, що забирання зовнішнього повітря повинно бути із зон з якомога чистішим повітрям.

Місця забирання повітря слід розташовувати з врахуванням вимог [6].

Висотну будівлю поділяють на окремі зони вентиляції, які обмежені заданою максимальною висотою. Відстань, м, по вертикалі між найнижчим та найвищими отворами приймальних пристроїв зовнішнього повітря в одній і тій же зоні не повинна перевищувати значень, визначених за формулою:

$$D_{\max} / (t_{a, \text{out}})$$

(26)

де t_a – оптимальна температура внутрішнього повітря [6, додаток Д, Е], °С;

$t_{\text{out}, \text{min}}$ – розрахункова зовнішня температура для холодного періоду в найхолоднішу п'ятиденку забезпеченістю 0,92, °С [7, табл.2].

Задача 15. Визначити для висотної будівлі (одна зона вентиляції) відстань по вертикалі між найнижчим та найвищими отворами приймальних пристроїв зовнішнього повітря, якщо відомо: місто - Сарни; тип будівлі - школа.

Рішення: Відстань, м, по вертикалі між найнижчим та найвищими отворами приймальних пристроїв зовнішнього повітря в одній і тій же зоні становить:

$$D_{\max} / (t_{a, \text{out}}) \text{ м.}$$

Отже, відстань між найнижчим та найвищими отворами приймальних пристроїв зовнішнього повітря в одній і тій же зоні повинна бути 14 м.

Умова для самостійного рішення задачі 15: Визначити для висотної будівлі (одна зона вентиляції) відстань по вертикалі між найнижчим та найвищими отворами приймальних пристроїв зовнішнього повітря, якщо відомо:

варіант	1	2	3	4	5	6
Місто	Вінниця	Ковель	Луцьк	Дніпро	Житомир	Берегове
Тип будівлі	Житлові будівлі	Універмаг	Школа	Офісна будівля	Підприємство (робота Ia)	Підприємство (робота Ib)
варіант	7	8	9	10	11	12
Місто	Рахів	Хуст	Гуляйполе	Кирилівка	Гайворон	Знам'янка
Тип будівлі	Підприємство (робота IIa)	Підприємство (робота IIб)	Підприємство (робота III)	Житлові будівлі	Універмаг	Школа
варіант	13	14	15	16	17	18
Місто	Львів	Миколаїв	Київ	Ізмаїл	Лубни	Сарни
Тип будівлі	Офісна будівля	Підприємство (робота Ia)	Підприємство (робота Ib)	Житлові будівлі	Універмаг	Школа

варіант	19	20	21	22	23	24
Місто	Ромни	Тернопіль	Лозова	Херсон	Умань	Рівне
Тип будівлі	Підприємство (робота IIa)	Підприємство (робота IIб)	Підприємство (робота III)	Офісна будівля	Підприємство (робота Ia)	Підприємство (робота Iб)
варіант	25	26	27	28	29	30
Місто	Львів	Миколаїв	Київ	Ізмаїл	Лубни	Сарни
Тип будівлі	Підприємство (робота Ia)	Підприємство (робота Iб)	Універмаг	Школа	Офісна будівля	Житлові будівлі

9. Теми рефератів (презентацій) для індивідуальної роботи з дисципліни з «Теплогазопостачання і вентиляція»

1. Паливо і його властивості.
2. Альтернативні джерела енергії.
3. Сучасні типи котлів.
4. Системи водопідготовки котельних установок.
5. Способи прокладання теплових мереж.
6. Обладнання і арматура теплових пунктів.
7. Захист теплових мереж від електрокорозії.
8. Основні елементи теплових мереж, їх влаштування та конструкції.
9. Лічильники тепла. Лічильники гарячої води.
10. Обладнання і арматура систем опалення.
11. Схеми і характеристика природної вентиляції будівель.
12. Схеми і склад систем механічної вентиляції будівель.
13. Обладнання систем кондиціонування повітря.
14. Призначення і основні елементи ГРС, ГРП, ГРУ.
15. Газові прилади і арматура.
16. Характеристика теплоносіїв.
17. Водяні системи опалення.
18. Парові системи опалення.
19. Повітряні системи опалення.
20. Електричні системи опалення.
21. Газові системи опалення.
22. Опалювальні прилади.
23. Видалення повітря із систем опалення.
24. Повітрообмін приміщень.
25. Лічильники газу.
26. Обладнання систем вентиляції.

27. Кондиціонери.
28. Виробництво біогазу.
29. Заходи з енергозбереження у системах теплопостачання і вентиляції.
30. Кухонні витяжки.
31. Повітряно-теплові завіси.

10. Задачі на додаткові бали

Якщо студент виконав **всі** практичні та індивідуальні завдання, але бажає підвищити кількість аудиторних балів (максимум аудиторних балів – 60), він може додатково виконати задачі із зірочками – будь-які з наведених нижче.

Задача 3* (додаткова на 1,5 бали). Визначити розрахункову годинну витрату природного газу житлового будинку. Кількість квартир – 10, і кожній квартирі є плита чотириохпальникова ПГ-4 та газовий котел Hi-Therm OPTIMUS (номінальна витрата газу – 1,48 м³/год) . Підібрати лічильник газу для квартири.

Задача 4* (додаткова на 1 бал). Визначити товщину шару утеплювача, виходячи з умов задачі 4, але при мінімально допустимому опорі теплопередачі 0,8R_{min}.

Задача 4 (додаткова на 2 бали).** Підібрати утеплювач, виходячи з умов задачі 4, щоб його товщина була 10 см.

Задача 4* (додаткова на 1,5 бали).** Визначити товщину шару утеплювача зовнішньої стіни промислового будинку з нормальним режимом з конструкціями з D>1,5, який будують в місті Рівне. Зовнішня стіна складається з таких шарів:

1 – цементно-піщаний розчин – $\rho_{01} = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_1 = 0,02 \text{ м}$;
 $\lambda_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$

2 – перлітобетон – $\rho_{02} = 800 \text{ кг/м}^3$, $\delta_2 = 0,3 \text{ м}$; $\lambda_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$

3 – піноскло – $\rho_{03} = 120 \text{ кг/м}^3$, дут. - ?; $\lambda_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$

4 – складний розчин (пісок, вапно, цемент) – $\rho_{04} = 1700 \text{ кг/м}^3$, $\delta_4 = 0,02 \text{ м}$, $\lambda_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$,

де ρ_0 – густина сухого матеріалу; δ – товщина шару; λ — теплопровідність матеріалу.

Підказка: мінімально допустимий опір теплопередачі визначати за [4, табл. 2].

Задача 5* (додаткова на 1 бал). Визначити товщину шару утеплювача горищного і підвального перекриттів, виходячи з умов задачі 5, але при мінімально допустимому опорі теплопередачі 0,8Rmin.

Задача 5** (додаткова на 2 бали). Підібрати утеплювач для горищного і підвального перекриттів, виходячи з умов задачі 5, щоб його товщина була 30 см.

Задача 6* (додаткова на 1,5 бали). Виконати розрахунок втрат тепла кутовою кімнатою 1-го поверху 5-ти поверхового житлового будинку (новобудова) у м. Луцьк (через конструкції зовнішнього огороження та вентиляційні втрати тепла). Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5x1,5 м та одну зовнішню стіну без вікна. Висота поверху – 3,0 м. Температура повітря у підвалі становить 5° С. Решта розмірів на рис. 5.

Задача 6** (додаткова на 1,5 бали). Виконати розрахунок втрат тепла кутовою кімнатою 5-го поверху 5-ти поверхового житлового будинку (новобудова) у м. Миколаїв (через конструкції зовнішнього огороження та вентиляційні втрати тепла). Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5x1,5 м та одну зовнішню стіну без вікна. Висота поверху – 3,0 м. Температура повітря на горищі становить 5° С. Решта розмірів на рис. 5.

Задача 6*** (додаткова на 1 бал). Виконати розрахунок втрат тепла кутовою кімнатою 3-го поверху 5-ти поверхового житлового будинку (новобудова) у м. Київ (через конструкції зовнішнього огороження та вентиляційні втрати тепла). Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5x1,5 м та одну

зовнішню стіну без вікна. Висота поверху – 3,0 м. Решта розмірів на рис. 5.

Задача 7* (додаткова на 1,5 бали). Виконати розрахунок втрат тепла кухнею 1-го поверху 5-ти поверхового житлового будинку (новобудова) у м. Харків (через конструкції зовнішнього огороження та вентиляційні втрати тепла). Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5х1,5 м. Висота поверху – 3,0 м. Температура повітря у підвалі становить 5° С. Решта розмірів на рис. 6.

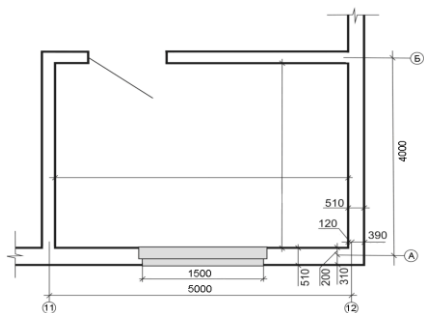


Рис. 5 Схема кутового приміщення

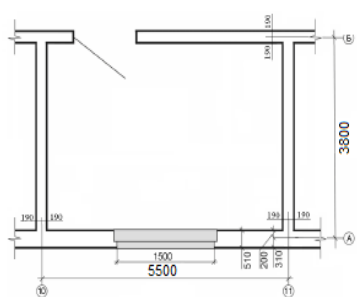


Рис. 6. Схема проміжного приміщення

Задача 7 (додаткова на 1,5 бали).** Виконати розрахунок втрат тепла кухнею 5-го поверху 5-ти поверхового житлового будинку (новобудова) у м. Рівне (через конструкції зовнішнього огороження та вентиляційні втрати тепла). Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній спареній рамі розмірами 1,5х1,5 м. Висота поверху – 3,0 м. Температура повітря на горищі становить 5° С. Решта розмірів на рис. 6.

Задача 7* (додаткова на 1 бал).** Виконати розрахунок втрат тепла кухнею 3-го поверху 5-ти поверхового житлового будинку (новобудова) у м. Херсон (через конструкції зовнішнього огороження та вентиляційні втрати тепла). Приміщення має одну зовнішню стіну з вікном із подвійним склінням у дерев'яній

спарений рамі розмірами 1,5x1,5 м. Висота поверху – 3,0 м. Решта розмірів на рис. 6.

Список літератури

1. ДБН В.2.5-20-2018. Газопостачання. Зі зміною №1. [Чинний від 2019-07-01]. Київ : Мінрегіон України, 2019.
2. Кравченко В. С., Проценко С. Б., Кравченко Н. В. Розрахунок систем інженерного обладнання будівель : навчальний посібник. Рівне, 2015. 496 с.
3. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Київ : Мінрегіон України, 2022.
4. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2023-03-01]. Київ, 2022.
5. ДСТУ EN 12831-1:2017. Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження, Модуль М3-3 (EN 12831-1:2017, IDT). [Чинний від 2017-12-15]. Вид. офіц. Київ, 2017.
6. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2013.
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія (з поправкою). [Чинний від 2011-11-01]. Київ : Мінрегіон України, 2011.
8. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1. Отопление / Богословский В. Н., Староверов И. Г., Сканава А. Н. и др. ; 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Стройиздат, 1990. 344 с.