

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з курсу

«Забезпечення енергоощадності цивільних та промислових споруд»

для підготовки студентів спеціальностей 7.05070108, 8.05070108
«Енергетичний менеджмент» всіх форм навчання.

Тернопіль
2012

Тарасенко М.Г. Методичні вказівки до практичних робіт з курсу «Забезпечення енергоощадності цивільних та промислових споруд». Методичні вказівки / Тарасенко М.Г. Гетманюк В.І. – Тернопіль : Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2012. – 31 с.

Укладачі: Тарасенко Микола Григорович
кандидат технічних наук, доцент

Гетманюк Володимир Іванович

Рецензент: Гончар Володимир Васильович
кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск Тарасенко Микола Григорович

Методичні вказівки призначені для підготовки студентів спеціальностей 7.05070108, 8.05070108 «Енергетичний менеджмент» всіх форм навчання.

Розглянуто й затверджено на засіданні кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 1 від 04 вересня 2012 р.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної комісії електромеханічного факультету Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 1 від 24 вересня 2012 р.

ВСТУП

Мета практичних занять – вивчення законів перенесення теплоти, вологи і повітря стосовно конструкцій будівель на практичних прикладах і розрахунках.

На заняттях виконуються теплотехнічні розрахунки згідно з тематикою лекційного матеріалу.

Студенти денної форми навчання після розгляду методики розрахунків на заняттях отримують завдання для самостійної роботи за варіантами (табл. 1 Додатку).

Студенти виконують самостійну контрольну роботу за варіантами вихідних даних. У вихідних даних окрім номера варіанта надаються конструктивні характеристиками зовнішніх огорожуючих конструкцій.

У методичних рекомендаціях дається методика розрахунку згідно з вимогами нормативних матеріалів щодо того чи іншого розділу, потім розглядаються обов'язкові приклади розрахунків.

ТЕМА 1. ПЕРЕВІРКА ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ НА МОЖЛИВІСТЬ КОНДЕНСАЦІЇ ВОЛОГИ

При заданих температурах внутрішнього (t_{en}) і зовнішнього (t_{zn}) повітря та структурі огороджуючої конструкції, визначаємо температуру t_{cn} в місці дотику однорідних шарів і внутрішнього шару з повітрям приміщення за формулою:

$$t_{cn} = t_{en} - \frac{t_{en} - t_{zn}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{en}} + \sum_{N-1} R \right), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (1)$$

де t_{en}, t_{zn} - розрахункові температури внутрішнього і зовнішнього повітря.

R_0 - опір теплопередачі огороджуючої конструкції, визначається за формулою:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{en}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_{zn}}, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}. \quad (2)$$

α_{en}, α_{zn} - коефіцієнти теплосприйняття і тепловіддачі.

$\sum_{N-1} R$ - сума термічних опорів, розташованих до даного розрахункового шару. Відлік ведемо від внутрішньої поверхні стіни до зовнішньої. При визначенні температури на внутрішній поверхні стінки $\sum_{N-1} R = 0$.

t_{cn} - температура внутрішньої поверхні кожного N - шару багатошарової стіни.

В загальному випадку формула (1) дає можливість визначити температуру на внутрішній поверхні стіни при заданій температурі зовнішнього повітря і структурі стіни, а значить і можливість конденсації вологи на її внутрішній поверхні.

Задача 1. Перевірити зовнішню цегляну стіну із залізобетонною колоною на можливість конденсації вологи на її внутрішній поверхні (рис. 1.1).

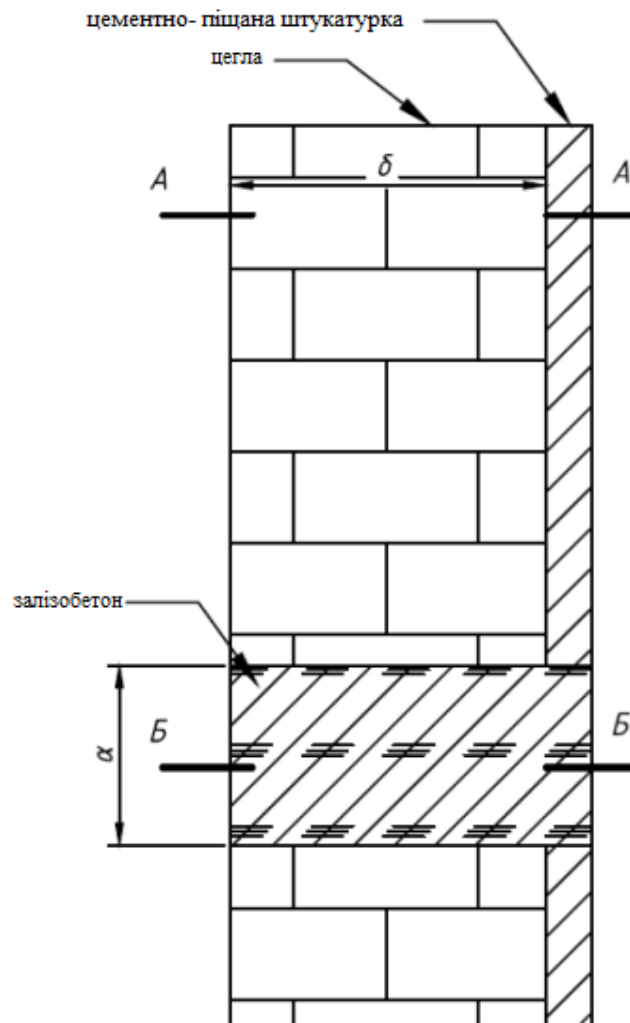


Рис.1.1. Цегляна стіна із залізобетонною колоною.

Дано: $a = 0,26$ м, $b = 0,525$ м.

$t_{вн} = 16^\circ\text{C}$, $t_{зн} = 12^\circ\text{C}$, $\varphi = 70\%$.

$\delta_1 = 0,015$ м, $\delta_2 = 0,51$ м, $\delta_3 = 0,525$ м.

$\lambda_1 = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}$, $\lambda_2 = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}$, $\lambda_3 = 1,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}$.

Оскільки в конструкції стіни є більш теплопровідне включення - колона з залізобетонного каркасу, для визначення температури на її внутрішній повер-

хні скористаємося формулою:

$$t_{cn} = t_{en} - \frac{R'_0 + \eta \cdot (R_0 - R'_0)}{(R_0 + R'_0)} \cdot \frac{1}{\alpha_{en}} + (t_{en} - t_{zn}), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3)$$

де R_0 і R'_0 - опір теплопередачі при відсутності і наявності більш теплопровідних включень.

η - поправочний коефіцієнт, який враховує співвідношення елементів огороження ($\eta = \alpha(a/b)$) попередньо знаходимо опір теплопередачі по характерним перерізам стіни:

переріз А-А (цегла + цементно - піщана штукатурка):

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{en}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{zn}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,96} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,803 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

переріз Б-Б (колона залізобетонного каркасу):

$$R'_0 = \frac{1}{\alpha_{en}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{zn}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,525}{1,63} + \frac{1}{23} = 0,479 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

При співвідношенні $a/b = 0,26/0,525 = 0,5$, знаходимо поправочний коефіцієнт $\eta = 0,78$.

Тепер за формулою (3) визначаємо температуру на внутрішній поверхні стіни:

$$t_{cn} = 16 - \frac{0,479 + 0,78 \cdot (0,803 - 0,479)}{(0,479 + 0,803)} \cdot \frac{1}{8,7} (16 + 12) = 10 \text{ } ^\circ\text{C},$$

Для температури внутрішнього повітря $t_{en} = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$, з таблиці знаходимо максимальну пружність водяної пари при $t = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$. $E_{max} = 1817 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$. Реальна e при відносній вологості повітря $\varphi = 70\%$ знаходимо за формулою:

$$e = E_{max} \cdot \varphi = 1817 \cdot 0,7 = 1271,9 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}. \quad (4)$$

Для значення $e = 1271,9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$. з таблиці знаходимо температуру, яка буде

$$t_{en} = 10,5^\circ \text{C}.$$

Це при повному насиченні відповідає точці роси $t_p \Rightarrow 10^\circ \text{C} < 10,5^\circ \text{C}$, тобто конденсат на поверхні стіни в приміщенні цілком можливий.

Утеплюємо зовні колону каркасу кладкою товщиною у половину цегли $\delta_4 = 0,13 \text{ м}$ (з врахуванням товщини шва 10 мм). Тоді опір теплопередачі стіни по перерізу Б-Б збільшиться до

$$R'_{02} = R'_0 + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{zn}} = 0,479 + \frac{0,13}{0,81} = 0,639 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C}}{\text{Вт}}.$$

$$\text{Відношення } a/b = 0,26/(0,525+0,13) = 0,4; \eta = 0,74.$$

В результаті температура на внутрішніх поверхнях зростає до:

$$t_{cn} = 16 - \frac{0,639 + 0,74 \cdot (0,803 - 0,639)}{(0,639 + 0,803)} \cdot \frac{1}{8,7} (16 + 12) = 10,7^\circ \text{C},$$

Тепер $t_{cn} > t_p$ тобто $10,7^\circ \text{C} < 10,5^\circ \text{C}$, конденсація вологи на внутрішній поверхні колони стає **неможливою**.

Задача 2. Встановити при якій відносній вологості повітря в приміщенні, можливе утворення конденсату на внутрішній поверхні зовнішньої стіни, яка складається з трьох шарів (рис. 1.2).

Дано: $a = 0,26 \text{ м}$, $b = 0,525 \text{ м}$.

$$t_{en} = 25^\circ \text{C}, \quad t_{zn} = 18^\circ \text{C}.$$

$$\delta_1 = 0,02 \text{ м}, \quad \delta_2 = 0,12 \text{ м}, \quad \delta_3 = 0,35 \text{ м}.$$

$$\lambda_1 = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ \text{C}}, \quad \lambda_2 = 0,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ \text{C}}, \quad \lambda_3 = 1,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ \text{C}}.$$

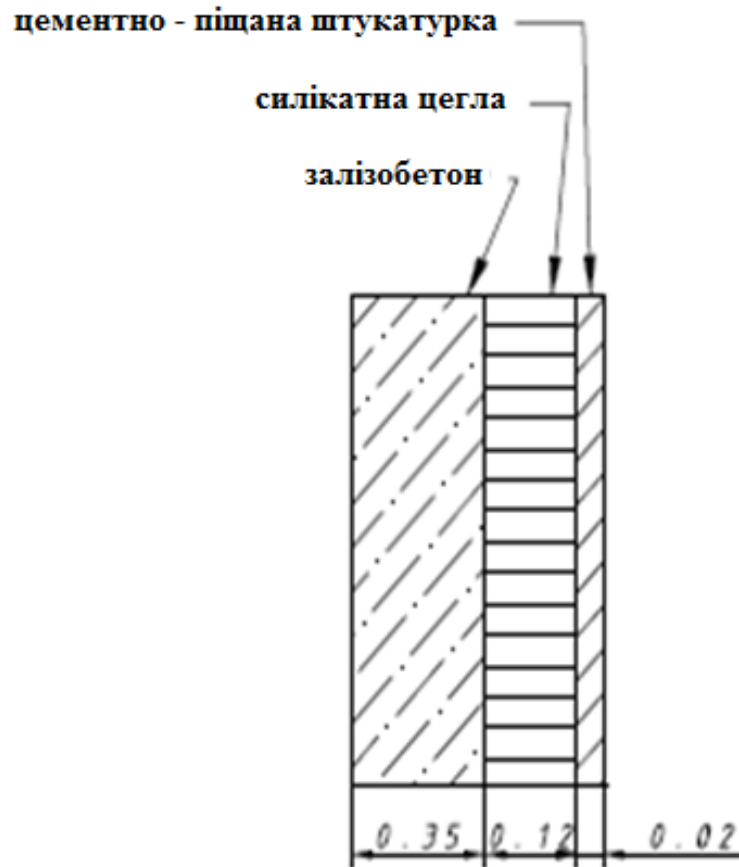


Рис.1.2. Тришарова зовнішня стіна.

Знаходимо опір теплопередачі огорожуючої конструкції:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{зн}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,12}{0,86} + \frac{0,35}{1,63} + \frac{1}{23} = 0,535 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Знаходимо температуру на внутрішній поверхні стіни:

$$t_{\text{сн}} = t_{\text{вн}} - \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зн}}}{R_0} \cdot \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}, \text{ °C}.$$

$$t_{\text{сн}} = 25 - \frac{25 + 18}{0,535} \cdot \frac{1}{8,7} = 25 - 9,24 = 15,76 \text{ °C}.$$

Для температури внутрішнього повітря $t_{\text{вн}} = 25 \text{ °C}$, з таблиці знаходимо

максимальну пружність водяної пари при $t_{\text{вн}} = 25 \text{ °C}$, $E_{\text{max}} = 3157 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$.

Далі для температури на внутрішній поверхні стіни $t_{cn}=15,76^{\circ}\text{C}$, знаходимо максимальну пружність водяної пари при $t=15,76^{\circ}\text{C}$,

$$e_{max} = 1794 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}.$$

$$\varphi = \frac{e_{max}}{E_{max}} = \frac{1794}{3157} = 0,57 = (57\%).$$

Отже при відносній вологості повітря в приміщенні $\varphi = 57\%$, на внутрішній поверхні зовнішньої стіни можливе утворення конденсату.

ТЕМА 2. ПОБУДОВА ГРАФІКУ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ В ТОВЩИНІ ОГОРОДЖУЮЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Побудувати графік розподілення температури в товщині огороджуючої конструкції (рис. 1.2).

Визначимо температуру на внутрішній поверхні стіни:

$$t_{cn} = t_{en} - \frac{t_{en} - t_{zn}}{R_0} \cdot \frac{1}{\alpha_{en}}, \text{ } ^{\circ}\text{C}.$$

$$t_{c_1} = 25 - \frac{25 + 18}{0,535} \cdot \frac{1}{8,7} = 25 - 9,24 = 15,76 \text{ } ^{\circ}\text{C}.$$

Визначимо температуру на поверхні стику штукатурки з селікатною цеглою:

$$t_{c_2} = t_{en} - \frac{t_{en} - t_{zn}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{en}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) = 25 - \frac{25 + 18}{0,535} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} \right) = 14 \text{ } ^{\circ}\text{C}.$$

Визначимо температуру на поверхні стику штукатурки з залізобетоном:

$$t_{c_3} = t_{\text{вн}} - \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зн}}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = 25 - \frac{25 + 18}{0,535} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,12}{0,86} \right) = 2,74 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначимо температуру на зовнішній поверхні стіни:

$$t_{c_4} = t_{\text{вн}} - \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зн}}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) = 25 - \frac{25 + 18}{0,535} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,12}{0,86} + \frac{0,35}{1,63} \right) = 25 - \frac{43}{0,535} \cdot 0,492 = -14,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

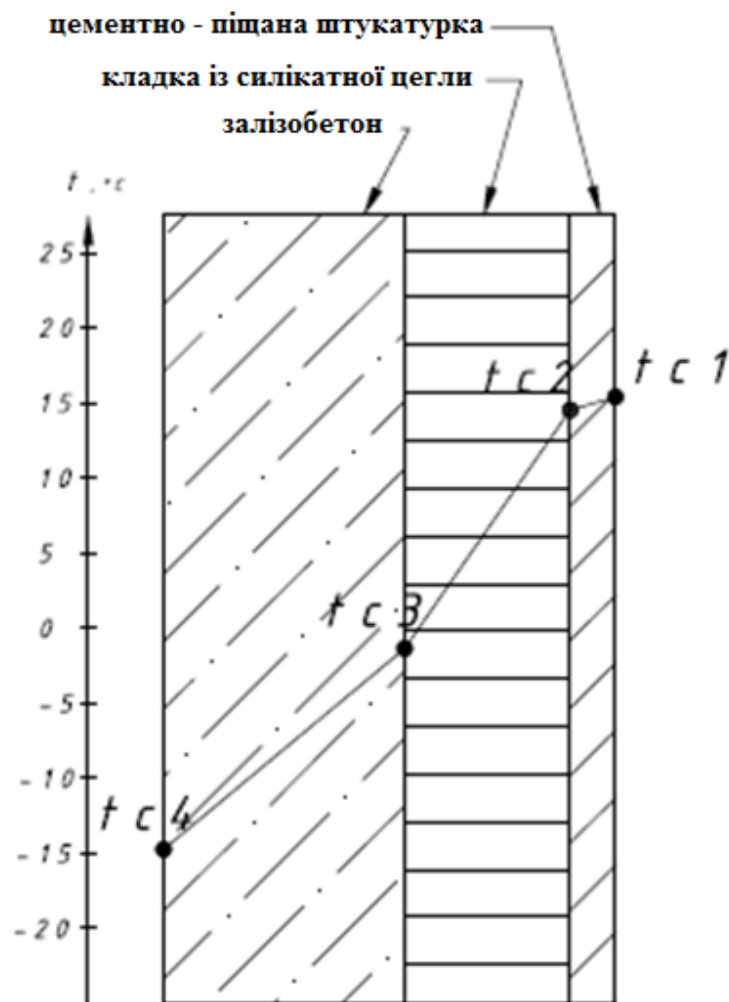


Рис.1.3. Графік розподілення температури в товщині огорожжувачої конструкції.

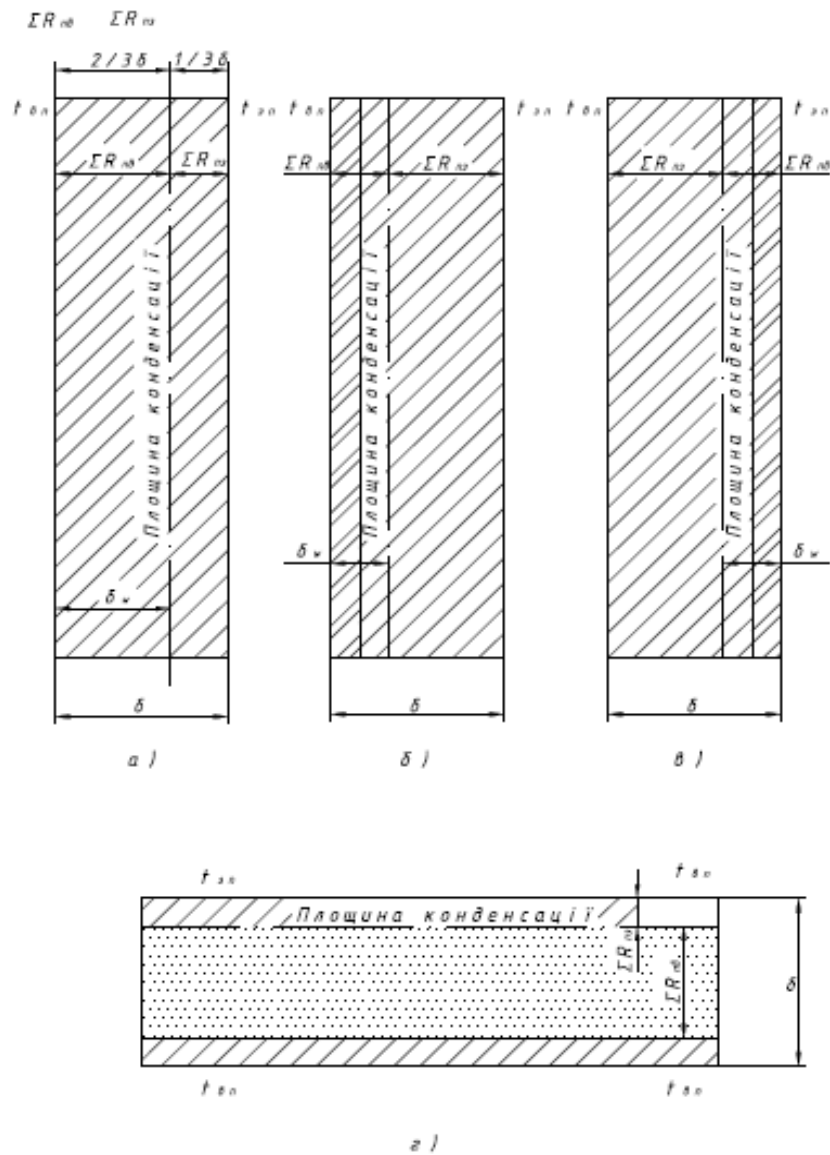
ТЕМА 3. ПЕРЕВІРКА ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ПАРОПРОНИКНІСТЬ

Правильно вибрана огороджуюча конструкція з достатнім опором теплопередачі для даного температурного режиму може виявитися непридатною в умовах експлуатації. Наприклад, при великій паропроникності будівельних матеріалів систематичному їх зволоженні зростає теплопровідність, а R_0 падає. В результаті може виявитися, що зовнішнє огородження, не перевірене на паропроникність, через деякий час буде не відповідати технічним нормам. Волога, накопичена в товщині огородження, при замерзанні приведе до деформації і може сприяти руйнуванню конструкції.

Розташування площини вірогідної конденсації вологи (за СНіП II-А.7-62) дозволяє встановити, що з метою зменшення паропроникності в багатошарових конструкціях зовнішніх огороджуючих конструкцій рекомендується передбачити:

- 1) У внутрішній поверхні - шар із теплопровідних матеріалів з малою паропроникністю;
- 2) У зовнішній поверхні – шар із пористих малотеплопровідних і паропроникних матеріалів (рис. 1.4).

Внутрішній захисно-декоративний шар – пароізоляція – призначений для захисту стін, перекриттів від зволоження їх в процесі експлуатації, від проникнення водяних парів в товщу конструкції, і як правило розташовується біля внутрішньої поверхні огорожень, а в покриттях і перекриттях – безпосередньо під теплоізоляційним шаром. В цілому зовнішня огороджуюча конструкція будинку повинна мати необхідний опір паропроникненню.



а – однорідна стіна; б – стіна утеплена з внутрішньої сторони; в – стіна утеплена з зовнішньої сторони; г - покриття.

Рис 1.4. Схеми розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішніх огорожуючи конструкціях

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ДОМАШНЬОГО ЗАВДАННЯ

Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру: штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 2 см, засипка шлаком товщиною 15 см, зовнішня обшивка з дощок товщиною 2,5 см, якщо температура всередині приміщення $t_{ВП} = 18^\circ\text{C}$, при відносній вологості $\varphi_{ВП} = 55\%$, а температура зовнішнього повітря $t_{ЗП} = -32^\circ\text{C}$, при відносній вологості $\varphi_{ЗП} = 90\%$. Засипка виконана шлаком густиною $\rho = 1000\text{ кг/м}^3$. Структуру ЗОК показано на рис. 1.5.

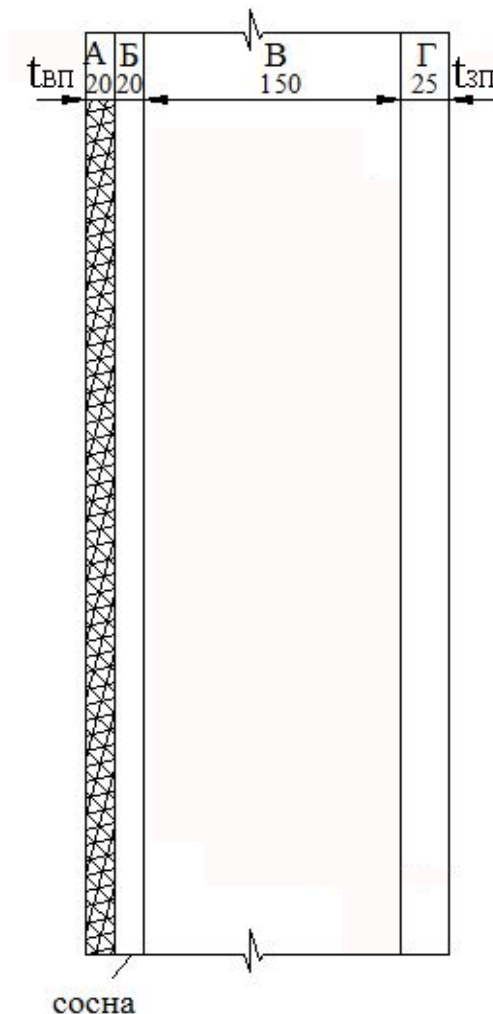


Рис. 1.5. Структура ЗОК: А - штукатурка з вапняно-піскового розчину; Б – внутрішня обшивка з дощок; В – засипка шлаком; Г – зовнішня обшивка з дощок.

Розрахункові коефіцієнти будівельних матеріалів

Матеріал	Товщина, м	Теплопровідність, Вт/м · °С	Коефіцієнт паропроникнення, (г · м/Н · год)
Штукатурка з вапняно- піщого розчину	$\delta_1 = 0,02$	$\lambda_1 = 0,81$	$\mu_1 = 12 \cdot 10^{-5}$
Внутрішня обшивка з дощок	$\delta_2 = 0,02$	$\lambda_2 = 0,17$	$\mu_2 = 6 \cdot 10^{-5}$
Засипка шлаком	$\delta_3 = 0,15$	$\lambda_3 = 0,29$	$\mu_3 = 19 \cdot 10^{-5}$
Зовнішня обшивка з дощок	$\delta_4 = 0,025$	$\lambda_4 = 0,17$	$\mu_4 = 6 \cdot 10^{-5}$

Величина опору паропроникнення багатошарового огороження дорівнює сумі опорів паропроникнення окремих шарів і визначається за формулою:

$$R_{п.о.} = R_{п_1} + R_{п_2} + \dots + R_{п_n}, \text{ (Н · год/г)}$$

де $R_{п_1}, R_{п_2}, R_{п_n}$ - опір паропроникнення окремих шарів огорожуючої конструкції, товщиною δ з коефіцієнтом паропроникнення μ , (значення μ , як і λ вибирають з табл. 4).

ПРИКЛАД РОЗВ'ЯЗКУ

1) Визначаємо загальний тепловий опір стіни за формулою:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{z=1}^4 \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зн}}, \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

де $1/\alpha_{\text{вн}} = \frac{1}{8,7} = 0,114 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ - опір теплосприйняття;

$1/\alpha_{\text{зн}} = \frac{1}{23} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ - опір теплопередачі.

Загальний тепловий опір складається з наступних опорів:

- 1) Теплосприйняття на внутрішній поверхні: $1/\alpha_{\text{вн}} = \frac{1}{8,7} = 0,114;$
- 2) Штукатурка з вапняно-піскового розчину: $\delta_1/\lambda_1 = 0,02/0,81 = 0,025$
- 3) Внутрішня обшивка з дощок: $\delta_2/\lambda_2 = 0,02/0,17 = 0,117$
- 4) Засипка шлаком: $\delta_3/\lambda_3 = 0,15/0,29 = 0,507$
- 5) Зовнішня обшивка з дощок: $\delta_4/\lambda_4 = 0,025/0,17 = 0,147$
- 6) Тепловіддачі із зовнішньої поверхні: $1/\alpha_{\text{зн}} = \frac{1}{23} = 0,043;$

Загальний тепловий опір дорівнює $R_0 = 0,953 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

2) Визначаємо загальний опір паропроникненню за формулою:

$$R_{\text{п.о.}} = \sum_{i=1}^4 \delta_i / \mu_i, (\text{Н} \cdot \text{год}/\text{Г})$$

Загальний опір паропроникненню складається з наступних складових:

- 1) Штукатурка з вапняно-піскового розчину: $R_{\text{п}_1} = \frac{\delta_1}{\mu_1} = 0,02 / 12 \cdot 10^{-5} = 167$
- 2) Внутрішня обшивка з дощок: $R_{\text{п}_2} = \frac{\delta_2}{\mu_2} = 0,02 / 6 \cdot 10^{-5} = 334$
- 3) Засипка шлаком: $R_{\text{п}_3} = \frac{\delta_3}{\mu_3} = 0,15 / 19 \cdot 10^{-5} = 789$
- 4) Зовнішня обшивка з дощок: $R_{\text{п}_4} = \frac{\delta_4}{\mu_4} = 0,025 / 6 \cdot 10^{-5} = 416$

Загальний опір паропроникненню дорівнює $R_{\text{п.о.}} = 1706 (\text{Н} \cdot \text{год}/\text{Г})$

3) Визначаємо пружність водяної пари біля внутрішньої і зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції за формулою:

$$\varphi = e/E_{\text{max}}, \text{ Н}/\text{м}^2$$

при $t_{\text{BH}} = 18^\circ\text{C}$, $E_{\text{BH}} = 2063\text{H}/\text{M}^2$; $\varphi_{\text{BH}} = 55\%$

$$e_{\text{BH}} = E_{\text{BH}} \cdot \varphi_{\text{BH}} = 2063 \cdot 0,55 = \underline{1134\text{H}/\text{M}^2}$$

при $t_{\text{ZH}} = -32^\circ\text{C}$, $E_{\text{ZH}} = 29\text{H}/\text{M}^2$; $\varphi_{\text{ZH}} = 90\%$

$$e_{\text{ZH}} = E_{\text{ZH}} \cdot \varphi_{\text{ZH}} = 29 \cdot 0,9 = \underline{26\text{H}/\text{M}^2}$$

4) Визначаємо температуру на границях матеріальних шарів стіни за формулою:

$$t_{\text{c}_N} = t_{\text{B}_n} - \frac{t_{\text{B}_n} - t_{\text{З}_n}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{BH}}} + \sum_{N-1} R \right), ^\circ\text{C}$$

а) на внутрішній поверхні стіни:

$$t_{\text{c}_1} = t_{\text{B}_n} - \frac{t_{\text{B}_n} - t_{\text{З}_n}}{R_0} \cdot \frac{1}{\alpha_{\text{BH}}} = 18 - \frac{18 + 32}{0,953} \cdot \frac{1}{8,7} = \underline{12,2^\circ\text{C}};$$

Спираючись на дані табл. 2 і 3 визначаємо максимальну пружність водяної пари:

$$\underline{E_{B_1} = 1421 \frac{\text{H}}{\text{M}^2}};$$

б) між штукатуркою і внутрішньою обшивкою:

$$t_{\text{c}_2} = t_{\text{B}_n} - \frac{t_{\text{B}_n} - t_{\text{З}_n}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{BH}}} + \sum_{N-1} R \right) = 18 - \frac{18 + 32}{0,953} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} \right) = \underline{10,7^\circ\text{C}};$$

$$\underline{E_{B_2} = 1286 \frac{\text{H}}{\text{M}^2}};$$

в) між внутрішньою обшивкою і засипкою:

$$t_{\text{c}_3} = t_{\text{B}_n} - \frac{t_{\text{B}_n} - t_{\text{З}_n}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{BH}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = 18 - \frac{18 + 32}{0,953} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,02}{0,17} \right) = \underline{4,6^\circ\text{C}}$$

$$\underline{E_{B_3} = 847 \frac{\text{H}}{\text{M}^2};}$$

г) між засипкою і зовнішньою обшивкою:

$$t_{c_4} = t_{B_n} - \frac{t_{B_n} - t_{3_n}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{BH}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) = 18 - \frac{18 + 32}{0,953} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,02}{0,17} + \frac{0,15}{0,29} \right) =$$

$$= \underline{-22^\circ \text{C}}$$

$$\underline{E_{B_4} = 85 \frac{\text{H}}{\text{M}^2};}$$

д) на зовнішній поверхні стіни:

$$t_{c_5} = t_{B_n} - \frac{t_{B_n} - t_{3_n}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{BH}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) = 18 - \frac{18 + 32}{0,953} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,02}{0,17} + \frac{0,15}{0,29} + \right.$$

$$\left. + \frac{0,025}{0,17} \right) = \underline{-29,6^\circ \text{C}}$$

$$\underline{E_{B_5} = 39 \frac{\text{H}}{\text{M}^2}.}$$

е) визначаємо пружності водяної пари біля внутрішньої поверхні кожного **n**-шару за формулою:

$$e_N = e_{\text{BH}} - \frac{e_{\text{BH}} - e_{\text{ЗН}}}{R_{\text{П.О.}}} \cdot \sum_{N-1} R_{\text{П}},$$

де e_{BH} і $e_{\text{ЗН}}$ - пружності водяної пари внутрішньої і зовнішньої поверхні шару відповідно.

$\sum_{N-1} R_{\text{П}}$ - сума опорів паропроникненню шарів до даного розрахункового шару, починаючи від внутрішньої поверхні огороження.

$$e_{\text{BH}} = 1134 \text{H}/\text{M}^2;$$

$$e_2 = e_{\text{BH}} - \frac{e_{\text{BH}} - e_{\text{ЗН}}}{R_{\text{П.О.}}} \cdot R_{\text{П}_1} = 1134 - \frac{1134 - 26}{1706} \cdot 167 = \underline{1026 \frac{\text{H}}{\text{M}^2};}$$

$$e_3 = e_{\text{BH}} - \frac{e_{\text{BH}} - e_{\text{ЗН}}}{R_{\text{П.О.}}} \cdot (R_{\text{П}_1} + R_{\text{П}_2}) = 1134 - \frac{1134 - 26}{1706} \cdot (167 + 334) = \underline{810 \frac{\text{H}}{\text{M}^2};}$$

$$e_4 = e_{\text{вн}} - \frac{e_{\text{вн}} - e_{\text{зн}}}{R_{\text{п.о.}}} \cdot (R_{\text{п}_1} + R_{\text{п}_2} + R_{\text{п}_3}) = 1134 - \frac{1134 - 26}{1706} \cdot (167 + 334 + 789) = 300 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

$$e_5 = e_{\text{вн}} - \frac{e_{\text{вн}} - e_{\text{зн}}}{R_{\text{п.о.}}} \cdot (R_{\text{п}_1} + R_{\text{п}_2} + R_{\text{п}_3} + R_{\text{п}_4}) = 1134 - \frac{1134 - 26}{1706} \cdot (167 + 334 + 789 +$$

$$+ 416) = 26 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

Оскільки пружність водяної пари $e_4 = 300 \text{ Н/м}^2$ виявилася більша максимальної $E_{B_4} = 85 \text{ Н/м}^2$, в товщі стіни буде конденсуватися волога.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що **на конденсацію вологи в стіні впливає в першу чергу вологість в приміщенні.** Чим менша відносна вологість внутрішнього повітря $\varphi_{\text{вн}}$, тим більше уповільнюється процес конденсації і накопичення вологи в стіні при даній t° зовнішнього повітря.

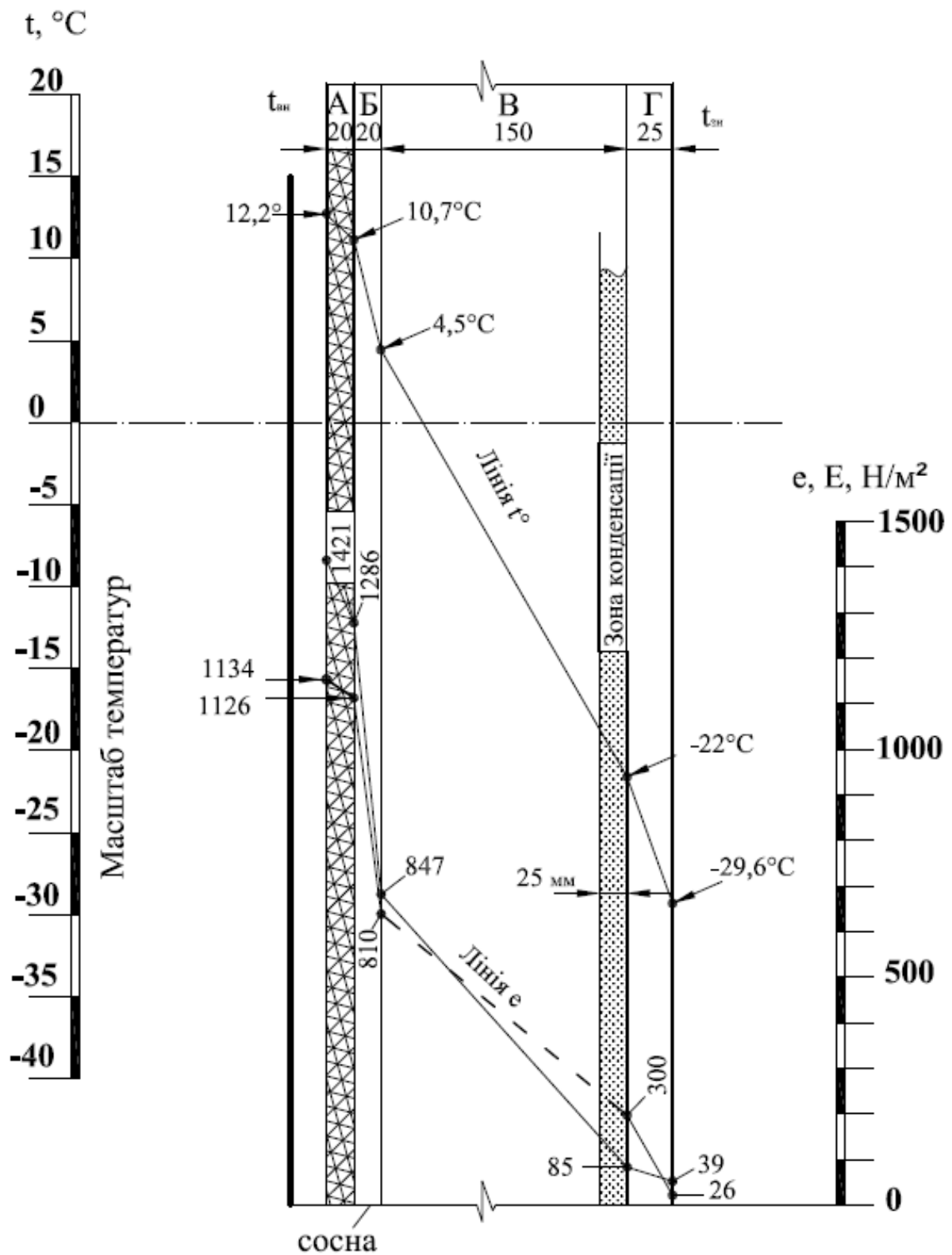


Рис. 2. Графік розташування площини вірогідної конденсації вологи

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вороновский Г.К., Денисюк С.П., Кириленко О.В. Стогній Б.С., Шидловский А.К. Энергетика світу та України. Цифри та факти – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2005. – 404 с.
2. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. – Киев. –Наук. Думка. - 2000. - 418 с.
3. Украина: Энергосбережение в зданиях. ТАСИС.– 274 с.
4. Поляков В.П., Дац П.А. Энергоэффективные стены и окна жилых и общественных зданий. // Энергосбережение. № 7. – 2006. С. 19 – 21.
5. Марк Айзен. Регулирование энергетических свойств остекления. Специальное приложение к журналу «Особняк» 1(28).–2003. – С. 14 – 22.
6. Ржеганек Я., Яноуш А. Снижение теплопотерь в зданиях / пер. с чеш. В.Р.Поддубого пор. Ред. Л.М.Махова. – М.: Стройиздат. – 1988. – 168 с.
7. Щекин Р.В. Терлотехнические расчеты ограждающих конструкций отапливаемых зданий. – К.: Будівельник . – 1966. – 112 с.
8. Будинок «нуль енергії»... тому що земля і сонце не виставляють рахунків: Зб. статей / Укладач О.Б. Денис. – Львів: ЕКОінформ, 2008. – 124 с.
9. СНиП 23 – 02 – 2003 Российской федерации. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России. – 40 с.

Таблиця 2

Значення максимальної пружності водяної пари E , Н/м², при барометричному тиску 100 кН/м² для температур від 0 до – 41 °С (

t	E	t	E	t	E	t	E	t	E	t	E
0	610	-8	309	-15	165	-22	85	-29	41	-36	20
-1	562	-9	283	-16	150	-23	77	-30	37	-37	16
-2	517	-10	259	-17	137	-24	69	-31	33	-38	16
-3	475	-11	237	-18	125	-25	62	-32	29	-39	13
-4	437	-12	217	-19	113	-26	56	-33	26	-40	12
-5	401	-13	198	-20	102	-27	50	-34	24	-41	10
-6	337	-14	181	-21	92	-28	45	-35	21	-	-

Таблиця 3

Значення максимальний пружності водяної пари E , Н/м², при барометричному тиску 100 кН/м² для температур від 0 до 40 °С

t	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	t
0	610	614	620	624	629	633	638	642	648	652	0
1	657	661	666	670	676	681	685	690	695	701	1
2	705	710	715	721	726	731	737	742	747	753	2
3	758	763	769	774	779	785	790	795	802	807	3
4	813	818	825	830	835	842	847	854	859	866	4
5	871	878	885	890	896	903	909	915	922	929	5
6	934	941	947	954	961	967	974	981	987	994	6
7	1001	1009	1015	1022	1029	1037	1043	1050	1058	1065	7
8	1073	1079	1087	1094	1102	1109	1117	1125	1131	1139	8
9	1147	1155	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1219	9
10	1227	1235	1243	1253	1261	1269	1278	1286	1294	1303	10
11	1311	1321	1330	1338	1347	1357	1365	1374	1383	1393	11
12	1402	1411	1421	1430	1439	1448	1458	1467	1478	1487	12
13	1497	1507	1516	1526	1534	1546	1556	1567	1577	1587	13
14	1598	1609	1618	1629	1639	1650	1661	1671	1682	1694	14
15	1705	1715	1726	1738	1749	1761	1771	1881	1794	1806	15
16	1817	1829	1841	1853	1865	1877	1889	1901	1913	1925	16
17	1937	1949	1962	1974	1986	1999	2011	2025	2037	2050	17
18	2063	2077	2089	2102	2115	2119	2142	2155	2169	2182	18
19	2197	2210	2225	2238	2251	2266	2281	2294	2309	2323	19
20	2338	2351	2366	2381	2395	2411	2426	2441	2455	2471	20
21	2486	2502	2517	2533	2547	2563	2579	2595	2611	2627	21
22	2643	2659	2675	2691	2709	2725	2742	2758	2775	2791	22
23	2809	2826	2842	2859	2871	2894	2903	2920	2937	2955	23
24	2973	2991	3009	3028	3046	3056	3083	3101	3120	3139	24
25	3157	3176	3195	3213	3233	3252	3272	3290	3310	3330	25
26	3350	3370	3390	3410	3430	3450	3472	3492	3517	3583	26
27	3554	3576	3597	3617	3638	3661	3682	3704	3725	3747	27
28	3769	3790	3813	3836	3858	3880	3902	3926	3949	3972	28
29	3995	4019	4042	4042	4006	4090	4113	4137	4161	4185	29
30	4233	4258	4282	4307	4331	4357	4381	4431	4431	4457	30
31	4483	4509	4544	4571	4596	4623	4648	4675	4701	4728	31
32	4755	4783	4809	4836	4864	4891	4919	4947	4975	5003	32
33	5031	5059	5088	5116	5144	5173	5203	5232	5261	5291	33
34	5320	5349	5379	5409	5440	5469	5500	5531	5561	5592	34
35	5624	5655	5655	5717	5749	5781	5813	5845	5877	5909	35
36	5941	5975	6007	6040	6073	6106	6140	6173	6208	6241	36
37	6276	6309	6344	6379	6413	6448	6484	6519	6555	6580	37
38	6625	6661	6697	6735	6769	6807	6843	6880	6920	6968	38
39	6992	7031	7068	7106	7144	7183	7220	7260	7299	7337	39
40	7376	7415	7455	7495	7535	7575	7615	7655	7696	7737	40

ФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

І КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ

Таблиця 4

Розрахункові величини фізичних показників будівельних матеріалів і конструктивних елементів будівель

Матеріали	Густина, кг/м ³	Розрахункові коефіцієнти					
		Питома теплоємність с, кДж/кг·град	Теплопровіднос-ті λ, Вт/м·град		Тепло засвоєння S при Z=24 год, Вт/м·град		Паропроникності μ, г·м/Н·год
			А*	Б*	А*	Б*	
Азбестоцементні вироби							
Азбестоцементні плиткі і листи	1900	0,84	0,29	0,35	5,79	6,34	0,0000026
Азбестоцементні теплоізоляційні плити	500	0,84	0,10	0,13	1,78	1,981,	0,000390
	300	0,84	0,08	0,09	1,21	30	0,000390
Асфальтові і бітумні матеріали							
Асфальт у підлозі і стяжках	1800	1,67	0,75	0,75	12,79	12,79	0,000007
Асфальтобетон	2100	1,67	1,00	1,00	16,28	16,28	0,000007
Бітум нафтовий	1050	1,67	0,17	0,17	4,71	4,71	0,000007
Бетони							
Залізобетон	2500	0,84	1,39	1,63	14,54	15,58	0,000030
Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2400	0,84	1,22	1,45	13,35	14,53	0,000030
Бетон на цегляному щебені	2000	0,84	0,93	1,00	10,60	11,40	0,000052
Крупнопористий безпіщаний бетон	1900	0,84	0,93	0,99	10,63	10,64	0,000206
	1600	0,84	0,64	0,70	7,86	8,20	0,000226
Шлакобетон на паливних (котельних) шлаках і бетон на аглопориті	1800	0,84	0,81	0,87	9,42	9,77	0,000075
	1600	0,84	0,70	0,75	8,23	8,54	0,000082
	1400	0,84	0,58	0,64	7,02	7,44	0,000090
	1200	0,84	0,46	0,52	5,82	6,16	0,000105
	1000	0,84	0,35	0,41	4,60	4,97	0,000136
Шлакобетон на доменних гранульованих шлаках	1800	0,84	0,58	0,64	7,96	8,97	0,000082
	1600	0,84	0,52	0,58	7,09	7,51	0,000090
	1200	0,84	0,41	0,46	5,44	5,81	0,000105
Термозитобетон (шлакопемзобетон)	1600	0,84	0,46	0,58	6,64	7,51	-
	1400	0,84	0,41	0,46	5,87	6,28	-
	1200	0,84	0,35	0,41	5,03	5,44	-
Перлітобетон	1200	0,84	0,35	0,41	5,03	5,44	0,000150
	1000	0,84	0,27	0,32	4,02	4,44	0,000188
	800	0,84	0,21	0,25	3,18	3,51	0,000260
	600	0,84	0,14	0,17	2,24	2,51	0,000300

Матеріали	Густина, кг/м ³	Розрахункові коефіцієнти					
		Питома теплоємність с, кДж/кг·град	Теплопровіднос ті λ, Вт/м·град		Тепло засвоєння S при Z=24 год, Вт/м·град		Паропроникності μ, г·м/Н·год
			А*	Б*	А*	Б*	
Керамзитобетон	1800	0,84	0,75	0,81	9,09	9,40	0,000090
	1400	0,84	0,52	0,58	6,66	7,03	0,000097
	1200	0,84	0,41	0,46	5,44	5,81	0,000105
	1000	0,84	0,29	0,35	4,20	4,59	0,000136
	800	0,84	0,23	0,29	3,36	3,74	0,000188
	600	0,84	0,17	0,23	2,51	2,90	0,000260
	400	0,84	0,14	0,17	1,83	2,03	0,000348
Бетони пористі (газобетон, пінобетон, газосилікат, піносилікат)	1000	0,84	0,35	0,41	4,60	4,94	0,000112
	800	0,84	0,25	0,29	3,51	3,72	0,000136
	600	0,84	0,18	0,21	2,60	2,73	0,000173
	400	0,84	0,13	0,14	1,75	1,83	0,000226
	300	0,84	0,11	0,13	1,45	1,51	0,000260
Газобетон і пінозолобетон	1200	0,84	0,41	0,46	5,40	5,75	0,000075
	1000	0,84	0,35	0,41	4,60	4,95	0,000097
	800	0,84	0,29	0,35	3,75	4,60	0,000120
Вата мінеральна, скловата і вироби з неї							
Вата мінеральна	150	0,75	0,05	0,07	0,65	0,75	0,000490
Скловата	100	0,75	0,046	0,06	0,49	0,54	0,000490
Войлок мінераловатний	150	0,75	0,06	0,064	0,67	0,71	0,000490
Мати мінераловатні у паперовій обкладці	200	0,75	0,064	0,07	0,84	0,86	0,000067
Плити мінераловатні на бітумній зв'язці	400	0,75	0,093	0,11	1,43	1,59	0,00348
	300	0,75	0,09	0,093	1,15	1,23	0,000415
Плити мінераловатні на синтетичній зв'язці	200	0,75	0,055	0,07	0,80	0,87	0,000490
Газоскло, піноскло, піноглиніт і скло							
Газоскло або піноскло	400	0,84	0,11	0,14	1,67	1,83	0,000022
	300	0,84	0,10	0,11	1,37	1,45	0,000022
Плити піноглиняні	500	0,84	0,17	0,20	2,29	2,44	0,000150
Скло віконне	2500	0,84	0,75	0,75	10,69	10,69	0
Гіпсові вироби і матеріали							
Плити і камені з чистого гіпсу	1100	0,84	0,35	0,41	4,81	5,17	0,000150
Плити гіпсові з обмеженими наповнювачами	700	1,04	0,21	0,23	2,97	3,48	0,000188
Гіпсобетон на доменних гранульованих шлаках	1000	0,84	0,32	0,37	4,44	4,65	0,000150
Гіпсобетон на паливних (котельних) шлаках	1300	0,84	0,46	0,55	6,04	6,45	0,000105
Піногіпс і газогіпс	500	0,84	0,13	0,18	1,96	2,38	0,000376
Листи гіпсові облицювальні (суха штукатурка)	1000	1,00	0,20	0,23	3,35	4,07	0,006030

Матеріали	Густина, кг/м ³	Розрахункові коефіцієнти					
		Питома теплоємність с, кДж/кг·град	Теплопровіднос ті λ, Вт/м·град		Тепло засвоєння S при Z=24 год, Вт/м·град		Паропроникності μ, г·м/Н·год
			А*	Б*	А*	Б*	
Грунтові матеріали							
Глинобитні та сирцеві стіни	2000	0,84	0,81	0,93	10,03	10,58	0,000097
Саманні стіни	1600	1,04	0,58	0,70	7,50	9,18	0,000173
Змазка глинопіщана:	1800	0,84	0,58	0,70	7,95	8,72	0,000097
• глиношлакова	1300	0,84	0,46	0,52	6,04	6,28	0,000150
• глинотирсові	800	1,26	0,23	0,29	3,36	4,59	0,000188
Засипка з сухого піску	1600	0,84	0,84	0,58	6,71	7,61	0,000165
Грунт рослинний під будинком	1800	0,84	1,00	1,16	10,78	11,28	-
Дерево і вироби з нього							
Сосна і ялина поперек волокон	550	2,51	0,14	0,17	3,73	4,18	0,000060
Сосна і ялина вздовж волокон	550	2,51	0,29	0,35	5,39	5,81	0,000323
Дуб поперек волокон	800	2,51	0,17	0,23	5,04	5,81	0,000056
Дуб поперек волокон	800	2,51	0,35	0,41	7,14	7,67	0,000300
Фанера клеєна	600	2,51	0,15	0,17	4,03	4,35	0,000226
Ксилоліт чистовий	1800	1,67	0,75	0,71	15,68	16,27	0,000090
Ксилоліт чорновий	1000	2,08	0,29	0,35	6,62	7,26	0,000127
Опилки дерев'яні	250	2,51	0,07	0,09	1,76	2,02	0,000260
Фіброліт цементний	600	2,08	0,17	0,23	3,95	4,53	0,000105
	350	2,0	0,11	0,15	2,67	3,02	0,000260
	300	2,08	0,10	0,14	2,17	2,46	0,000300
Листи деревоволокнисті жорсткі	700	2,51	0,17	0,21	4,71	5,17	0,000075
Засипки теплоізоляційні							
Шлак паливний	1000	0,84	0,23	0,29	3,74	4,21	0,000190
	700	0,84	0,17	0,22	2,71	3,01	0,000218
Шлак доменний, гранульований	900	0,84	0,21	0,25	3,36	3,71	0,000203
	500	0,84	0,14	0,16	2,04	2,19	0,000232
Керамзит	900	0,84	0,35	0,41	4,35	4,71	0,000210
	500	0,84	0,17	0,21	2,28	2,50	0,000300
	300	0,84	0,13	0,15	1,51	1,64	0,000376
Пемза або туф	600	1,26	0,17	0,23	3,07	3,53	0,000260
	400	1,26	0,14	0,17	2,46	2,49	0,000348
Перліт спучений	250	0,84	0,06	0,09	0,93	1,17	-
Вермикуліт спучений	300	0,84	0,10	0,14	1,36	1,58	-
Трепелі (діатоміти)	700	0,84	0,18	0,21	2,79	2,96	-
	500	0,84	0,14	0,17	2,04	2,28	-

Матеріали	Густина, кг/м ³	Розрахункові коефіцієнти					
		Питома теплоємність с, кДж/кг·град	Теплопровідності λ, Вт/м·град		Тепло засвоєння S при Z=24 год, Вт/м·град		Паропроникності μ, г·м/Н·год
			А*	Б*	А*	Б*	
Каміння звичайне							
Мармур, граніт, базальт	2800	0,92	3,25	3,48	24,54	25,35	0,000011
Піщаники і кварцити	2400	0,92	1,74	2,03	16,68	18,01	0,000037
Вапняки	2000	0,92	1,04	1,16	11,80	12,56	0,000060
	1700	0,92	0,81	0,93	9,59	10,23	0,000075
Вапняк-ракушняк	1400	0,92	0,58	0,64	7,37	7,73	0,000150
Туф вапняковий:	1300	0,92	0,46	0,52	6,33	6,74	0,000150
• артинський	1300	0,92	0,32	0,35	5,05	5,23	0,000097
• фельзитовий	2000	0,92	0,97	1,03	10,97	11,20	0,000075
<i>Кладка на важкому розчині з каменю правильної форми при об'ємній масі каменю:</i>							
• 2800 кг/м ³	2680	0,92	2,95	3,18	23,06	24,05	0,000020
• 2000 кг/м ³	1960	0,92	1,00	1,11	11,51	12,09	0,000060
• 1200 кг/м ³	1260	0,92	0,44	0,50	6,16	6,47	0,000132
<i>Кладка на важкому розчині з каменю правильної форми при об'ємній масі каменю:</i>							
• 2800 кг/м ³	2420	0,92	2,37	2,44	19,43	20,25	0,000041
• 2000 кг/м ³	2000	0,92	0,93	1,04	10,83	11,41	0,000073
• 1200 кг/м ³	1380	0,92	0,52	0,59	6,91	7,34	0,000122
Цегляна кладка							
Цегляна кладка з простої цегли на важкому розчині	1800	0,88	0,0	0,81	8,85	9,55	0,000100
Те ж на легкому розчині, об'ємною густиною 1400 кг/м ³	1700	0,88	0,64	0,75	8,20	8,91	0,000120
Кладка із силікатної цегли на будь-якому розчині	1900	0,88	0,75	0,86	9,55	9,55	0,000105
Кладка із пористого каменю, об'ємною густиною 1300 кг/м ³	1400	0,88	0,52	0,64	6,70	7,49	0,000136
Кладка з цегли з 105 отворами на важкому розчині	1300	0,88	0,46	0,52	6,18	6,57	0,000150
Те ж з 60 отворами на важкому розчині	1300	0,88	0,52	0,58	6,57	6,97	0,000150
Кладка із трепельної цегли, об'ємною густиною 1000 кг/м ³	1200	0,88	0,46	0,52	5,95	6,33	0,000188
Метали							
Будівельна сталь	7850	0,48	58	58	125,1	125,1	0
Чавунні деталі	7200	0,48	50	50	111,1	111,1	0
Алюміній	2600	0,48	220	220	140,1	140,1	0

Матеріали	Густина, кг/м ³	Розрахункові коефіцієнти					
		Питома теплоємність с, кДж/кг·град	Теплопровідності λ, Вт/м·град		Тепло засвоєння S при Z=24 год, Вт/м·град		Паропроникності μ, г·м/Н·год
			А*	Б*	А*	Б*	
Органічні волокнисті теплоізоляційні матеріали та вироби							
Соломіт	250	1,67	0,08	0,10	1,72	1,95	0,000452
Плити страм	350	1,67	0,09	0,14	1,97	2,44	0,000452
Комишит	250	1,67	0,07	0,09	1,45	1,68	0,000490
Волок будівельний	150	1,67	0,05	0,06	0,91	1,02	0,000348
Пакля	150	1,67	0,05	0,07	0,91	1,12	0,000490
Плити торфоізоляційні	250	1,67	0,06	0,075	1,33	1,51	0,000188
Пластмаси і пористі полімери							
Мипора	20	1,46	0,05	0,05	0,31	0,31	0,000560
Пінопласт ПХВ	190	1,46	0,06	0,06	1,08	1,08	0,00023
ПС	70	1,46	0,05	0,05	0,60	0,60	0,00005
Стірпор	30	1,46	0,05	0,05	0,38	0,38	0,000060
Будівельні розчини та штукатурки							
Цементно-піщаний розчин, або штукатурка із нього	1800	0,84	0,75	0,93	9,07	10,06	0,000090
Важкий розчин (пісок, вапно, цемент), або штукатурка із нього	1700	0,84	0,70	0,86	8,46	9,48	0,000097
Вапняно-піщаний розчин, або штукатурка із нього	1600	0,84	0,70	0,81	8,22	8,90	0,000120
Штукатурка вапняно-піщаним розчином по дранці	1400	0,84	0,52	0,64	6,67	7,39	0,000120
Цементно-шлаковий розчин	1400 1200	0,84 0,84	0,52 0,46	0,64 0,52	6,67 5,82	7,39 6,16	0,000112 0,000136
Рулонні матеріали							
Лінолеум	1800	1,46	0,38	0,38	8,54	8,54	0,000001
	1600	1,46	0,23	0,23	7,44	7,44	
	1350	1,46	0,23	0,23	5,81	5,81	
	1100	1,46	0,28	0,28	4,65	4,65	
Картон	1000	1,46	0,21	0,23	4,71	4,94	
Релін	1200	1,46	0,22	0,22	5,40	5,40	
Руберойд, пергамін, толь	6000	1,46	0,17	0,17	3,31	3,31	

ЗАВДАННЯ ДО ПРАТИЧНОЇ РОБОТИ

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 1

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: зовнішня обшивка з дощок товщиною 3 см, засипка шлаком товщиною 20 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 4 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 19 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 60 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -28 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 80 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 2

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: штукатурка із складного розчину товщиною 3 см, мур із червоної цегли товщиною 40 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 2,5 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 1,5 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 45 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -27 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 80 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 3

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: цементно-пісковий розчин товщиною 2,5 см, залізобетон товщиною 35 см, перлітобетон товщиною 10 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 50 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -25 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 70 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 4

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: складний розчин товщиною 2,5 см, бетон на ґравії товщиною 30 см пінопласт товщиною 5 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 1 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 60 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -30 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 90 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 5

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: штукатурка із складного розчину товщиною 1 см, пінопласт товщиною 10 см, керамзитобетон товщиною 30 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 19 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 60 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -30 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 80 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 6

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: штукатурка з складного розчину товщиною 1 см, пінобетон товщиною 25 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 2,5 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 45 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -25 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 90 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 7

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: зовнішня обшивка з дощок товщиною 2 см, мінеральна вата товщиною 15 см, керамзитобетон товщиною 20 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 60 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -31 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 85 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 8

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: мур із червоної цегли товщиною 15 см, мінеральна вата товщиною 20 см, мур із червоної цегли товщиною 15 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 55 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -27 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 90 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 9

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: керамзитобетон товщиною 20 см, засипка шлаком товщиною 15 см, внутрішня керамзитобетон товщиною 20 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 1 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 40 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -30 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 85 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 10

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: перлітобетон товщиною 30 см, пінобетон товщиною 10 см, мур із червоної цегли товщиною 15 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 60 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -33 \text{ } ^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 80 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 11

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: граніт товщиною 2,5 см, мур із силікатної цегли товщиною 15 см, пінобетон товщиною 20 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 55 \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 70 \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 12

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: перлітобетон товщиною 20 см, засипка шлаком товщиною 15 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 2 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 50 \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -28 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 85 \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 13

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: зовнішня обшивка з дощок товщиною 2,5 см, вата скляна товщиною 20 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 2 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 1,5 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 60 \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 90 \%$.
- 2.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 14

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: зовнішня обшивка з дощок товщиною 2 см, мур із червоної цегли товщиною 25 см, пінопласт товщиною 8 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 1 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 50 \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -25 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 75 \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 15

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: граніт товщиною 2 см, пінобетон товщиною 30 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 2 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 40 \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 85 \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 16

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: бетон паристий товщиною 25 см, засипка шлаком товщиною 15 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 2 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 50 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -29 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 60 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 17

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: зовнішня обшивка з дощок товщиною 3 см, засипка шлаком товщиною 25 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 3 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 55 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -29 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 90 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 18

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: дерев'яний брус товщиною 20 см, пінопласт товщиною 5 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 4 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 1,5 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 55 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 85 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 19

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: мур із червоної цегли товщиною 15 см, газо скло товщиною 10 см, мур із силікатної цегли товщиною 15 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 55 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 80 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 20

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: зовнішня обшивка з дощок товщиною 3 см, мінеральна вата товщиною 20 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 2 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{\text{вн}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{вн}} = 50 \text{ } \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{\text{зн}} = -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{\text{зн}} = 90 \text{ } \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 21

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: складний розчин товщиною 2 см, пінопласт товщиною 10 см, мур із силікатної цегли товщиною 15 см, внутрішня обшивка з дощок товщиною 2,5 см, якщо температура всередині приміщення $t_{вн} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{вн} = 60 \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{зн} = -33 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{зн} = 90 \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 22

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: складний розчин товщиною 2 см, пористий бетон товщиною 15 см, пінопласт товщиною 8 см, мур із червоної цегли товщиною 15 см, якщо температура всередині приміщення $t_{вн} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{вн} = 60 \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{зн} = -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{зн} = 80 \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 23

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: бетон на гравії товщиною 20 см, скловата товщиною 15 см перлітобетон товщиною 12 см, обшивка з дощок товщиною 2,5 см, якщо температура всередині приміщення $t_{вн} = 17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{вн} = 50 \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{зн} = -24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{зн} = 85 \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 24

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: пінобетон товщиною 25 см, засипка шлаком товщиною 10 см, керамзитобетон товщиною 20 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 2 см, якщо температура всередині приміщення $t_{вн} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{вн} = 45 \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{зн} = -27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{зн} = 75 \%$.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 25

1. **Задача.** Перевірити графічним способом розташування площини вірогідної конденсації вологи в зовнішній огорожуючій конструкції, яка має наступну структуру в напрямку від оточуючого зовнішнього середовища в середину будинку: керамзитобетон $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$ товщиною 24 см, плити мінераловатні товщиною 10 см, пінобетон товщиною 20 см, штукатурка з вапняно-піскового розчину товщиною 1 см, якщо температура всередині приміщення $t_{вн} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{вн} = 65 \%$, а температура зовнішнього повітря $t_{зн} = -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості повітря $\varphi_{зн} = 86 \%$.