

## Практична робота № 2

**Тема:** Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій житлового будинку.

### Вихідні дані (4 варіант):

1. Район: м. Біла Церква, Київська область. Згідно з додатком А у ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» район будівництва знаходиться у І-й температурній зоні.

2. Призначення будівлі: житловий будинок.

3. Зовнішні стінові огорожувальні конструкції з керамзитобетону на керамзитовому піску та зовнішнього утеплювача (мати мінераловатні); горищне перекриття з плит залізобетонних та утеплювача (плити пінополістирольні екструзійні).

4. Згідно з додатком Б у ДБН В.2.6-31:2021 розрахункова температура: зовнішня  $t_z - 22^\circ\text{C}$  (табл. Б.4), внутрішня  $t_b + 20^\circ\text{C}$  (табл. Б.2); розрахункове значення відносної вологості внутрішнього повітря приміщень – 55% (табл. Б.2).

5. Вологісні умови експлуатації будівельних матеріалів конструкції – нормальний – Б (табл.Б.3).

### Теоретична основа

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та споруд, що опалюються та/або охолоджуються, і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на  $4^\circ\text{C}$  та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} \geq R_{q \text{ min}}$$

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} \leq \Delta\theta_{\text{int-si,max}}$$

$$\theta_{\text{tb,si,min}} > \theta_{\text{si,min}}$$

де  $R_{\Sigma \text{ пр}}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції,  $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$ ;

$R_{q \text{ min}}$  – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції,  $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$ ;

$\Delta\theta_{\text{int-si}}$  – різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, °С;

$\Delta\theta_{\text{int-si,max}}$  – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за внутрішніми розмірами, °С;

$\theta_{\text{tb,si,min}}$  – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, °С;

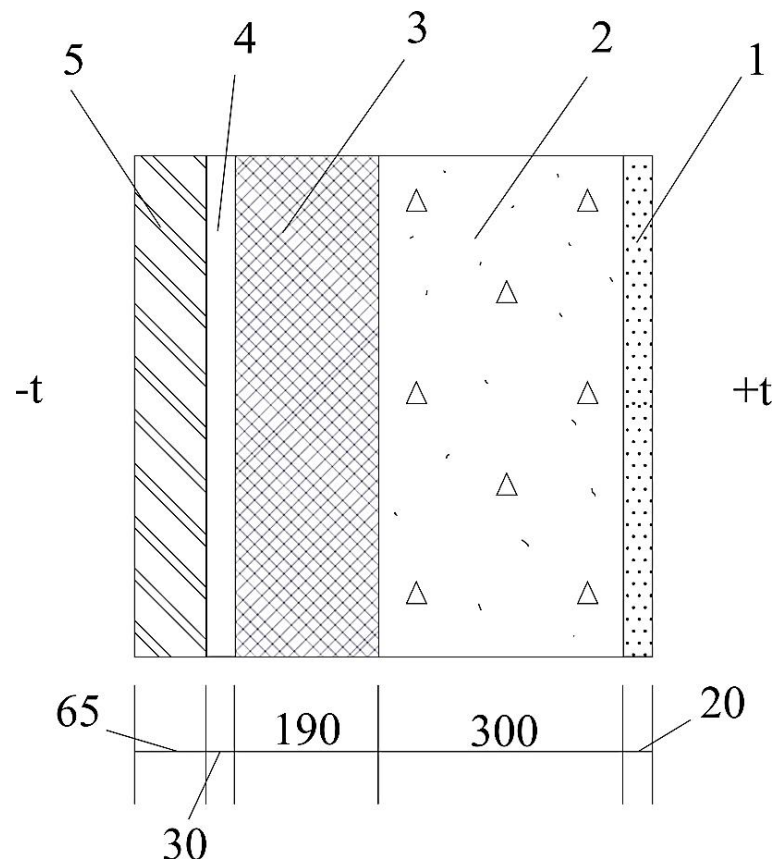
$\theta_{\text{si,min}}$  – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С.

### Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

#### Розрахунковий опір теплопередачі зовнішньої стіни

Завдання. Виконати оцінку опору теплопередачі для зовнішньої багат шарової стіни житлового будинку. Необхідно перевірити чи відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» опір теплопередачі прийнятої нами конструкції зовнішньої стіни та виконання умови:  $R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{min}}$ .

Конструктивна схема стіни:



1. Цементно-піщаний розчин,  $\rho_0 = 1600 \text{ кг/м}^3$
2. Керамзитобетон на керамзитовому піску,  $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$
3. Мати мінераловатні прошивні будівельні,  $\rho_0 = 70 \text{ кг/м}^3$
4. Повітряний прошарок
5. Облицювальна цегла,  $\rho_0 = 80 \text{ кг/м}^3$

## Характеристика шарів зовнішньої стіни

№ шару	Матеріал	Товщина, м	Густина $\rho_0$ , $\text{кг/м}^3$	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\times\text{К}}$
1	Цементно-піщаний розчин	0,015	1600	0,81
2	Керамзитобетон на керамзитовому піску	0,3	1800	0,92
3	Мати мінераловатні прошивні будівельні	$\delta_3$	70	0,054

1. Знаходимо необхідну товщину утеплювача за формулою:

$$\delta_3 = \left( R_{qmin} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{1}{\alpha_3} \right) \times \lambda_3$$

де  $R_{qmin}$  – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ; згідно з ДБН В.2.6-31:2021 для I-ї температурної зони  $R_{qmin} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  (табл. 1);

$\alpha_B$  і  $\alpha_3$  – розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої  $\alpha_B$  (нормативний показник  $8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ ) та зовнішньої  $\alpha_3$  (нормативний показник  $23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ ) поверхонь огорожувальних конструкцій;

$\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації.

$$\delta_3 = \left( 4 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,015}{0,81} - \frac{0,3}{0,92} - \frac{1}{23} \right) \times 0,054 = 0,188 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача, кратну модулю 1/10М, що дає значення 0,19 м (19 см).

2. Знаходимо  $R_{\Sigma}$  сумарний опір теплопередачі огорожувальної конструкції за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,81} + \frac{0,3}{0,92} + \frac{0,19}{0,054} + \frac{1}{23} = 4,02 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

3. За даними теплотехнічного розрахунку стіни житлової будівлі виконуємо перевірку умови:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} \geq R_{q \text{ min}}$$

де  $R_{\Sigma \text{ пр}}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$R_{q \text{ min}}$  – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

*Оскільки  $4,02 \geq 4$ , то умова виконується.*

Конструкція стіни відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» з економічно доцільного опору теплопередачі.

Температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції

1. Знаходимо температуру внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за формулою:

$$\tau_B = t_B - \frac{t_B - t_3}{R_{\Sigma}} \times R_B$$

де  $t_B$  – температура внутрішнього повітря (нормативний показник  $+20^{\circ}\text{C}$ );

$t_3$  – температура зовнішнього повітря (нормативний показник  $-22^{\circ}\text{C}$ );

$R_{\Sigma}$  – сумарний опір теплопередачі непрозорої термічної однорідної огорожувальної конструкції ( $R_{\Sigma} = 4,02 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$ );

$R_B$  – опір тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції ( $R_B = \frac{1}{\lambda_B}$ ), (нормативний показник  $\lambda_B = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ ).

$$\tau_B = 20 - \frac{20 + 22}{4,02} \times \frac{1}{8,7} = 18,79^\circ\text{C}$$

2. Знаходимо температурний перепад  $\Delta t_{np}$  за формулою:

$$\Delta t_{np} = t_B - \tau_B$$

де  $t_B$  – температура внутрішнього повітря (нормативний показник  $+20^\circ\text{C}$ );

$\tau_B$  – приведена температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції ( $\tau_B = 18,79^\circ\text{C}$ ).

$$\Delta t_{np} = 20^\circ\text{C} - 18,79^\circ\text{C} = 1,21^\circ\text{C}$$

3. За даними теплотехнічного розрахунку стіни житлової будівлі виконуємо перевірку умови:

$$\Delta t_{np} \leq \Delta t_{cr}$$

де  $\Delta t_{np}$  – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $^\circ\text{C}$  ( $\Delta t_{np} = 1,21^\circ\text{C}$ );

$\Delta t_{cr}$  – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції (нормативний показник  $4^\circ\text{C}$ ).

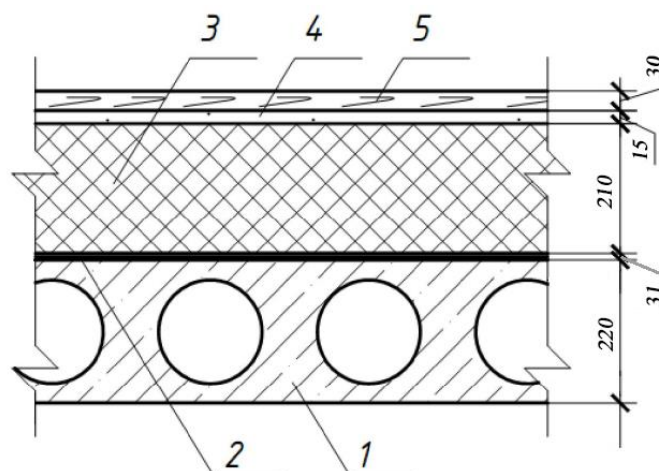
*Оскільки  $1,21 \leq 4$ , то умова виконується.*

### Теплотехнічний розрахунок горищного перекриття

Розрахунковий опір теплопередачі горищного перекриття

Завдання. Виконати оцінку опору теплопередачі для горищного перекриття житлового будинку. Необхідно перевірити чи відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» опір теплопередачі прийнятої нами конструкції горищного перекриття та виконання умови:  $R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$ .

Конструктивна схема перекриття



1. Плита залізобетонна,  $\rho_0=2500 \text{ кг/м}^3$
2. Пароізоляція (полівінілхлоридна плівка),  $\rho_0=800 \text{ кг/м}^3$
3. Утеплювач плити пінополістирольні екструзійні,  $\rho_0= \text{кг/м}^3$
4. Шар цементно-піщаного розчину,  $\rho_0= 1800 \text{ кг/м}^3$
5. Ходові дошки,  $\rho_0=500 \text{ кг/м}^3$

Характеристика шарів горищного перекриття

№ шару	Матеріал	Товщина, м	Густина $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\times\text{К}}$
1	Плита залізобетонна	0,22	2500	2,04
2	Плити пінополістирольні екструзійні	$\delta_2$	39	0,037
3	Цементно-піщаний розчин	0,015	1600	0,81
4	Ходові дошки (сосна та ялина поперек волокон)	0,03	500	0,18

1. Знаходимо необхідну товщину утеплювача за формулою:

$$\delta_2 = \left( R_{qmin} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} - \frac{1}{\alpha_3} \right) \times \lambda_2$$

де  $R_{qmin}$  – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансарду, горищного перекриття неопалюваних горищ, м<sup>2</sup>·К/Вт; згідно з ДБН В.2.6-31:2021 для I-ї температурної зони  $R_{qmin} = 6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  (табл. 1);

$\alpha_B$  і  $\alpha_3$  – розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої  $\alpha_B$  (нормативний показник  $8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ ) та зовнішньої  $\alpha_3$  (нормативний показник  $12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ ) поверхонь огорожувальних конструкцій;

$\delta_i$  – товщина i-го шару, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу i-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації.

$$\delta_2 = \left( 6 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,22}{2,04} - \frac{0,015}{0,81} - \frac{0,03}{0,18} - \frac{1}{12} \right) \times 0,037 = 0,203 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача, кратну модулю 1/10М, що дає значення 0,21 м (21 см).

2. Знаходимо  $R_{\Sigma}$  сумарний опір теплопередачі огорожувальної конструкції за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,21}{0,037} + \frac{0,015}{0,81} + \frac{0,03}{0,18} + \frac{1}{12} = 6,17 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

3. За даними теплотехнічного розрахунку горищного перекриття житлової будівлі виконуємо перевірку умови:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} \geq R_{qmin}$$

де  $R_{\Sigma \text{ пр}}$  – приведений опір теплопередачі покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансарду, горищного перекриття неопалюваних горищ,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$R_{qmin}$  – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансарду, горищного перекриття неопалюваних горищ,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

*Оскільки  $6,17 \geq 6$ , то умова виконується.*

Конструкція горищного перекриття відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» з економічно доцільного опору теплопередачі.