

Практичне заняття 1. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівель

Завдання.

Визначити необхідний опір теплопередачі й відповідну товщину тришарової зовнішньої стіни житлового будинку, що зводиться в районі Маріуполя. Найменування матеріалів: суха штукатурка (товщина $\delta = 1$ см, коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,15 \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{град}}$, $s_{24} = 4,05 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$), фіброліт цементний (об'ємна вага $\gamma = 350$ кг/м³, $\lambda = 0,1 \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{град}}$, $s_{24} = 2,3 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$), залізобетонна плита ($\delta = 4$ см, $\lambda = 1,2 \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{град}}$, $s_{24} = 12,5 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$). Середня температура найбільш холодної одноденки: $t_H^I = -25^\circ$. Коефіцієнт теплопереходу біля внутрішньої поверхні огороження $\alpha_B = 7,5 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}}$, біля зовнішньої - $\alpha_H = 20 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}}$.

Для довідки: 1 кал = 4,187 Дж; 1 Дж = 0,2388 кал; 1 ккал/год = 1,163 Вт.

Розв'язання

1. Задаємося орієнтовно показником теплової інерції огороження $D < 4$, тобто вважаємо конструкцію легкою. Відповідно діючих норм при $D < 4$ (за таблицею 3) за розрахункову температуру зовнішнього повітря приймається середня температура найбільш холодної одноденки t_H^I .

2. Необхідний опір теплопередачі огороження визначається за формулою:

$$R_O^{TP} = \frac{(t_B - t_H)nb}{\alpha_B \Delta t^H},$$

де t_B - розрахункова температура внутрішнього повітря, визначається відповідно діючих норм (за таблицею 1), для житлового будинку 18° ;

t_H - розрахункова температура зовнішнього повітря, для легких огорожувальних конструкцій (показник теплової інерції $D \leq 4$) приймається середня температура найбільш холодної одноденки t_H^I , у завданні $t_H^I = -25^\circ\text{C}$;

n - коефіцієнт, що залежить від розташування зовнішньої поверхні обгородження щодо зовнішнього повітря, для зовнішніх стін безгорищних покриттів над проїздами приймається $n = 1$;

b - коефіцієнт, що враховує якість теплоізоляції зовнішнього огороження (для зовнішніх огорожень, утеплених теплоізоляційними матеріалами з об'ємною вагою $\gamma \leq 400$ кг/м³ $b = 1,1$; для зовнішніх обгороджень, утеплених матеріалами, що піддані ущільненню, деформації при усадці (стіропор, мінераловатні плити, повсть і т. п.) $b = 1,2$; у решті випадків $b = 1$; для заданого фіброліту цементного з $\gamma = 350$ кг/м³ приймаємо $b = 1,1$;

$$\alpha_B = 7,5 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}} - \text{коефіцієнт теплопереходу біля внутрішньої}$$

поверхні огороження;

Δt_H - нормований температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні обгородження, визначається відповідно діючих норм (за таблицею 2), для житлового будинку 6°.

$$R_O^{TP} = \frac{(t_B - t_H)nb}{\alpha_B \Delta t^H} = \frac{(18 - (-25)) \cdot 1 \cdot 1,1}{7,5 \cdot 6} = 1,051 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}}{\text{ккал}};$$

3. Фактичний опір теплопередачі має бути $R_O \geq R_O^{TP}$;

$$R_O = R_B + R_1 + R_2 + R_3 + R_H,$$

де R_B - опір теплопереходові біля внутрішньої поверхні огороження;

R_1 - термічний опір 1 шару огороження (суха штукатурка);

R_2 - термічний опір 2 шару огороження (фіброліт цементний);

R_3 - термічний опір 3 шару огороження (залізобетонна плита);

R_B - опір теплопереходові біля зовнішньої поверхні огороження;

$$R_O = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{7,5} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{\delta_2}{0,1} + \frac{0,04}{1,2} + \frac{1}{20} =$$

$$= 0,133 + 0,067 + \frac{\delta_2}{0,1} + 0,033 + 0,05 = 0,283 + \frac{\delta_2}{0,1};$$

4. Розв'язуючи рівняння $R_O = R_O^{TP}$, знаходимо

$$0,283 + \frac{\delta_2}{0,1} = 1,051;$$

$$R_2 = R_{ym} = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{\delta_2}{0,1} = 1,051 - 0,283 = 0,768.$$

5. Товщина шару утеплювача:

$\delta_2 = \delta_{ym} = R_{ym} \lambda_{ym} = 0,768 \cdot 0,1 = 0,0768 \text{ м} \approx 7,68 \text{ см}$. Округлюючи результат у більший бік до цілого, приймаємо товщину шару 8 см.

6. Показник теплової інерції огороження дорівнює сумі показників теплової інерції шарів; показник теплової інерції шара дорівнює добутку термічного опору на коефіцієнт теплосвоєння матеріалу, $D = R s_{24}$;

$$D = 0,067 \cdot 4,05 + \frac{0,08}{0,1} \cdot 2,3 + 0,033 \cdot 12,5 = 0,27 + 1,84 + 0,41 = 2,52 < 4.$$

7. Фактичний опір теплопередачі огороження

$$R_0 = 0,283 + \frac{0,08}{0,1} = 1,083 \text{ м}^2 \text{ ч град/ккал}; 1,083 > 1,051, \text{ таким чином } R_0 \geq R_0^{TP}.$$

8. Загальна товщина огороження

$$\Delta = 1 + 8 + 4 = 13 \text{ см.}$$

Відповідь: необхідний опір теплопередачі $1,051 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}}{\text{ккал}}$, товщина шару утеплювача 8 см, загальна товщина огороження 13 см.