

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Чернігівська політехніка»
Кафедра технологій зварювання та будівництва

БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОФІЗИКА

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна
інженерія», освітньою програмою "Будівництво та цивільна інженерія"

Затверджено на засіданні
кафедри технологій зварювання та
будівництва
Протокол №15 від 30.06.2021 р.

Чернігів НУ «Чернігівська політехніка», 2021

Будівельна теплофізика. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» /Укл. Болотов Г.П., Болотов М.Г. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – 24 с.

Укладачі: Болотов Геннадій Павлович, доктор технічних наук, професор кафедри технологій зварювання та будівництва
Болотов Максим Геннадійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій зварювання та будівництва

Відповідальний за випуск: Прибисько Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій зварювання та будівництва

Рецензент: Ганєєв Тимур Рашитович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій зварювання та будівництва Національного університету «Чернігівська політехніка»

Зміст

Вступ.....	4
1. Лабораторна робота №1 «Теплотехнічний розрахунок одношарової однорідної огороджувальної конструкції».....	5
2. Лабораторна робота №2 «Розрахунок температури всередині огороджувальних конструкцій».....	9
3. Лабораторна робота №3 «Визначення товщини шару утеплювача у багатошаровому огороженні».....	13
4. Лабораторна робота №4 «Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій із теплопровідними включеннями».....	18
5. Лабораторна робота №5 «Теплотехнічний розрахунок неоднорідних огороджувальних конструкцій».....	21
Список використаних джерел.....	24

Вступ

Методичні вказівки з описом лабораторних робіт з вибіркової дисципліни “Будівельна теплофізика” складені для здобувачів вищої освіти освітньо-кваліфікаційного рівня "магістр" за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Мета лабораторних занять – поглиблення 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.

У методичних вказівках дається методика розрахунку огороджувальних конструкцій згідно з вимогами нормативних матеріалів.

Методичні вказівки складено таким чином, щоб здобувач, приступаючи до роботи, мав можливість повторити основні положення теоретичного матеріалу з відповідних розділів лекційного курсу.

1 Лабораторна робота №1

Теплотехнічний розрахунок одношарової однорідної огорожувальної конструкції

Мета роботи: надбання навичок застосовувати умови однозначності (граничні умови) при вирішенні задач теплообміну в огорожувальних конструкціях

1.1 Інформація до самостійної підготовки

Будь-який процес перенесення теплоти в просторі зветься теплообміном. Теплообмін - складне явище, яке можна розчленувати на ряд простих (елементарних) способів. Теплота може передаватися трьома простими принципово відмінними один від одного способами: теплопровідністю, конвективним переносом і випромінюванням.

Явище теплопровідності полягає в перенесенні теплоти структурними частинками речовини - молекулами, атомами, електронами - в процесі їх теплового руху. Такий теплообмін може відбуватися в будь-яких тілах з неоднорідним розподілом температури, але механізм перенесення теплоти залежить від агрегатного стану тіла.

Процес одномірної стаціонарної теплопровідності у однорідному матеріалі описується рівнянням Фур'є

$$q_t = -\lambda \frac{dt}{dx}$$

де q – поверхнева густина теплового потоку, що проходить через площину, перпендикулярну тепловому потоку;

λ – теплопровідність матеріалу;

t – температура, що змінюється вздовж осі x .

Відношення $\frac{dt}{dx}$ має назву градієнта температури. Градієнт температури спрямований у бік зростання температури (тепловий потік –у протилежний бік).

Для плоскої однорідної стінки товщиною δ тепловий потік, що передається теплопровідністю через однорідну стінку, може визначатись як

$$q_t = \lambda \frac{\tau_1 - \tau_2}{\delta} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\delta/\lambda}$$

де τ_1, τ_2 – значення температур на поверхнях стінки

Конвективний теплообмін - це процес перенесення теплоти при переміщенні обсягів рідини або газу. Обсяги рідини або газу, переходячи з області з більшою температурою в область з меншою температурою, переносять з собою теплоту. Явище конвективного переносу теплоти спостерігається лише в текучих середовищах (рідинах і газах) і може здійснюватися в результаті вільного або вимушеного руху.

У практичних розрахунках для оцінки конвективного теплового потоку застосовують рівняння Ньютона

$$q_k = \alpha_k(t_1 - \tau_1)$$

де q_k – тепловий потік, що передається конвекцією від рухомого середовища до поверхні або навпаки;

t_1 – температура повітря, що омиває поверхню стінки;

τ_1 – температура поверхні стінки;

α_k – коефіцієнт конвективної тепловіддачі на поверхні стінки.

Теплообмін випромінюванням (або радіаційний теплообмін) складається з випромінювання енергії тілом, її поширення в просторі між тілами і поглинання її іншими тілами. В процесі випускання внутрішня енергія, що випромінюється тілом, перетворюється в енергію електромагнітних хвиль, які поширюються у всіх напрямках. Тіла, розташовані на шляхи поширення енергії випромінювання, поглинають частину падаючих на них електромагнітних хвиль, і таким чином енергія випромінювання перетворюється у внутрішню енергію, що поглинається тілом.

Для розрахунків теплового потоку при променистому теплообміні застосовують спрощену формулу

$$q_{пр} = \alpha_{пр}(\tau_1 - \tau_2)$$

де τ_1, τ_2 – значення температур поверхонь, що обмінюються променистою теплотою;

$\alpha_{пр}$ – коефіцієнт променистої тепловіддачі на поверхні стінки.

Для кожного конкретного випадку необхідно задати умови однозначності, що виділяють цей процес з безлічі і дозволяють виконати інтегрування рівняння енергії. У загальному випадку умови однозначності містять:

- 1) геометричні умови - форма і розміри тіла;
- 2) фізичні умови - фізичні властивості тіла і навколишнього середовища;
- 3) тимчасові умови - визначають початковий тепловий стан системи і зміну граничних умов в часі (задаються тільки при нестационарному режимі теплопровідності);

4) граничні умови - визначають особливості взаємодії тіла з навколишнім середовищем.

Граничні умови визначають закон взаємодії між поверхнею тіла і навколишнім середовищем. Ці умови в залежності від фізичної постановки задачі можуть бути задані різними способами.

Гранична умова 1-го роду полягає в завданні розподілу температури по поверхні тіла в будь-який момент часу:

$$T_{nos} = f_1(t),$$

де $f_1(t)$ - відома функція (в окремому випадку - відома константа).

Гранична умова 2-го роду полягає в завданні щільності теплового потоку для кожної точки поверхні тіла в будь-який момент часу:

$$-\lambda grad T_{nos} = q_{nos} = f_2(t),$$

де $f_2(t)$ - відома функція (в окремому випадку - відома константа).

Гранична умова 3-го роду полягає в завданні умови теплообміну між поверхнею твердого тіла і навколишнім середовищем (рідиною або газом, наприклад, атмосферним повітрям):

$$-\lambda grad T_{nos} = q_{nos} = \alpha(T_{oc} - T_{nos}),$$

де T_{oc} - температура навколишнього середовища (відома постійна або змінна величина), α - коефіцієнт теплообміну (відома величина, яка визначається експериментально); T_{nos} , - температура поверхні тіла, q_{nos} - щільність теплового потоку, який тече з навколишнього середовища всередину тіла шляхом теплопровідності, або навпаки, тече з тіла в навколишнє середовище; ці величини заздалегідь невідомі і повинні бути знайдені в результаті рішення задачі .

1.2 Порядок виконання роботи

1.2.1 Отримати завдання на розрахунок огороження від викладача.

1.2.2 Визначити механізм теплообміну огороження із навколишнім середовищем.

1.2.3 Визначити граничні умови.

1.2.4 Скласти рівняння теплового балансу і здійснити його рішення.

1.2.5 Проаналізувати отримані результати.

1.3 Контрольні питання

1.3.1 Основні способи переносу теплоти.

1.3.2 Види умов однозначності.

1.3.3 Призначення граничних умов.

1.3.4 Види граничних умов.

2 Лабораторна робота №2

Розрахунок температури всередині огорожувальних конструкцій

Мета роботи: ознайомлення з розрахунковими та графічними методами визначення розподілу температур по товщині одно- та багат шарових огорожувальних конструкцій.

2.1 Інформація до самостійної підготовки

Для розрахунку вологісного стану огорожувальної конструкції і визначення можливості утворення конденсату на внутрішній поверхні і у товщині огороження необхідно знати значення температур на границях шарів огорожувальної конструкції.

2.1.1 Розрахунковий метод визначення температур всередині огороження

У стаціонарних умовах теплопередачі має місце рівність вхідного та вихідного теплового потоку через огороження.

Величина потоку, що входить у одношарове огороження

$$Q_{вх} = (t_{вн} - \tau_{вн}) / R_{вн}$$

Тепловий потік, що проходить через огороження

$$Q_{пр} = (t_{вн} - t_{зовн}) / R_o$$

$t_{вн}$, $t_{зовн}$ – температури внутрішнього і зовнішнього повітря;

$R_{вн}$ – опір теплопередачі внутрішньої поверхні огороження;

R_o – загальний опір теплопередачі одношарової огорожувальної конструкції.

При рівності теплових потоків

$$(t_{вн} - \tau_{вн}) / R_{вн} = (t_{вн} - t_{зовн}) / R_o$$

Перетворимо це рівняння відносно $\tau_{вн}$

$$\tau_{вн} = t_{вн} - [(t_{вн} - t_{зовн}) / R_o] R_{вн}$$

Для двохшарової огорожувальної конструкції кількість тепла, що проходить через перший шар огороження

$$Q_{1пр} = (t_{вн} - \tau_1) / R_1$$

Враховуючи постійність теплового потоку маємо, що $Q_{\text{впр}} = Q_{\text{вих}}$, відповідно

$$(\tau_{\text{вн}} - \tau_1)/R_1 = (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})/R_0$$

Перетворимо це рівняння відносно τ_1

$$\tau_1 = \tau_{\text{вн}} - [(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})/R_0] R_1$$

Підставимо замість $\tau_{\text{вн}}$ його значення з рівняння вище, отримуємо

$$\tau_1 = t_{\text{вн}} - [(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})/R_0](R_{\text{вн}} + R_1)$$

Подібно маємо, що температура на внутрішній поверхні будь-якого n-го шару буде дорівнювати

$$\tau_n = t_{\text{вн}} - [(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})/R_0](R_{\text{вн}} + R_1 + R_2 + \dots + R_{n-1})$$

де у дужках сума термічних опорів усіх попередніх шарів, рахуючи від внутрішньої поверхні.

2.1.2 Графічний метод визначення температури всередині багат шарової огорожувальної конструкції (метод Фокіна-Власова)

При визначенні температур у багат шаровій огорожувальній конструкції задачу простіше вирішувати графічним методом.

Для цього на горизонтальній осі (рис. 2.1) відкладають послідовно у певному масштабі не дійсні шари огорожувальної конструкції, а їх опори теплопередачі, починаючи з опору теплопередачі внутрішньої поверхні огороження і закінчуючи опором теплопередачі зовнішньої огороження таким чином, щоб сума усіх відрізків зображала у тому ж масштабі величину загального опору теплопередачі огороження R_0 .

З лівого боку від огороження задаються масштабом температур, розміщуючи їх по вертикалі.

Через отримані на горизонтальній осі точки проводять вертикальні лінії і на крайніх вертикалях відкладають у прийнятому масштабі зліва уверх температуру внутрішнього і справа униз температуру зовнішнього повітря від горизонтальної лінії, що проходить через 0°C . Отримуємо точки А та В, які з'єднують прямою, що проходить через усю огорожувальну конструкцію із одним і тим же кутом нахилу.

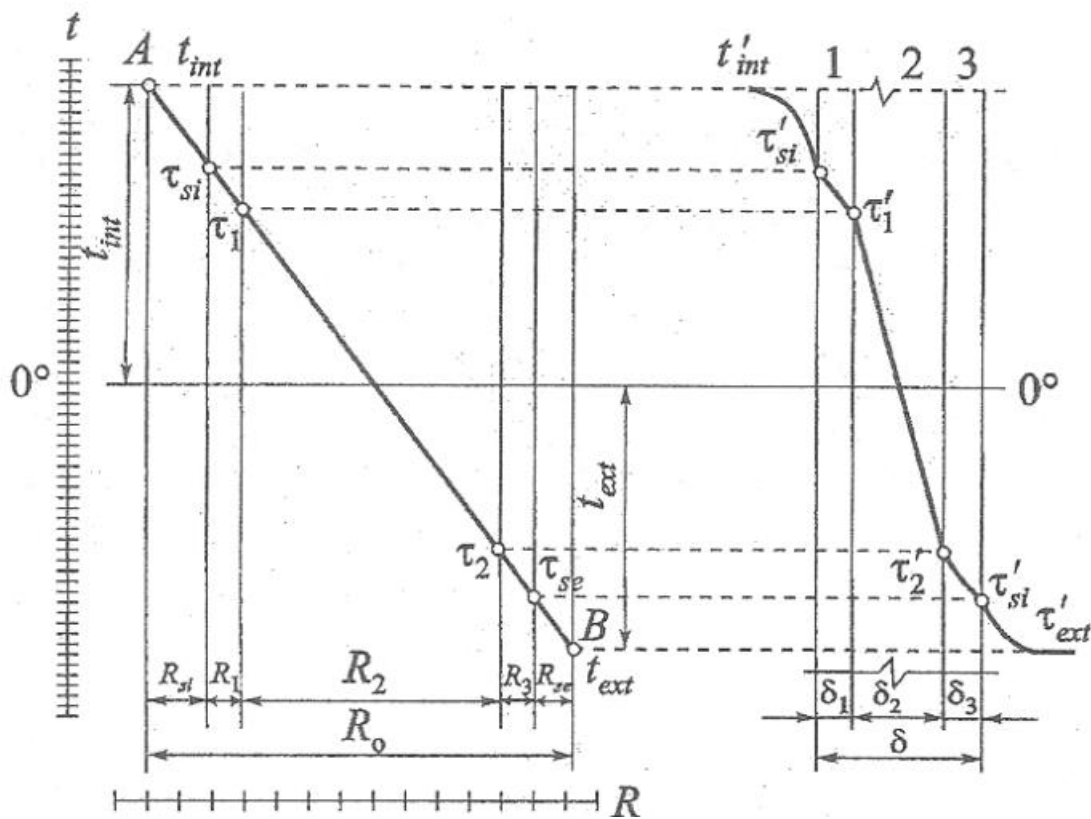


Рис. 2.1 Графічний метод визначення температур у багатошаровому огороженні

Точки перетину прямої АВ із відповідними вертикальними лініями меж конструктивних шарів відповідають значенням температур на межі шарів огороження— τ_{si} , τ_1 , $\tau_2 \dots \tau_{se}$. Отримані графічним методом значення температур переносять на креслення конструкції огороження, виконане у лінійному масштабі, і з'єднують прямими лініями точки, що відповідають температурам на границях шарів. Отримана ломана лінія (τ'_{si} , $\tau'_1 \dots$) представляє реальний графік зміни температури всередині багатошарової огорожувальної конструкції. Більш крутий нахил цього графіка відображає шари з малотеплопровідного матеріалу, а більш повільні – з матеріалу із більшою теплопровідністю.

2.2 Порядок виконання роботи

2.2.1 Отримати від викладача вихідні дані для визначення температурного поля всередині огороження;

2.2.2 Здійснити визначення розподілу температур розрахунковим методом;

2.2.3 Здійснити визначення розподілу температур графічним методом;

2.2.4 Порівняти отримані результати.

2.3 Контрольні питання

2.3.1. З якою метою визначається розподіл температур по товщині огороження.

2.3.2 Як здійснюється розрахункове визначення розподілу температур по товщині одно- та багат шарового огороження.

2.3.3. Як здійснюється графічне визначення розподілу температур.

3 Лабораторна робота №3

Визначення товщини шару утеплювача у багатошаровому огороженні

Мета роботи: ознайомлення з методикою визначення необхідної за санітарно-гігієнічними умовами товщини утеплювального шару у огорожувальній конструкції

3.1 Інформація до самостійної підготовки

Розглянемо приклад розрахунку огороження, наведеного на рисунку

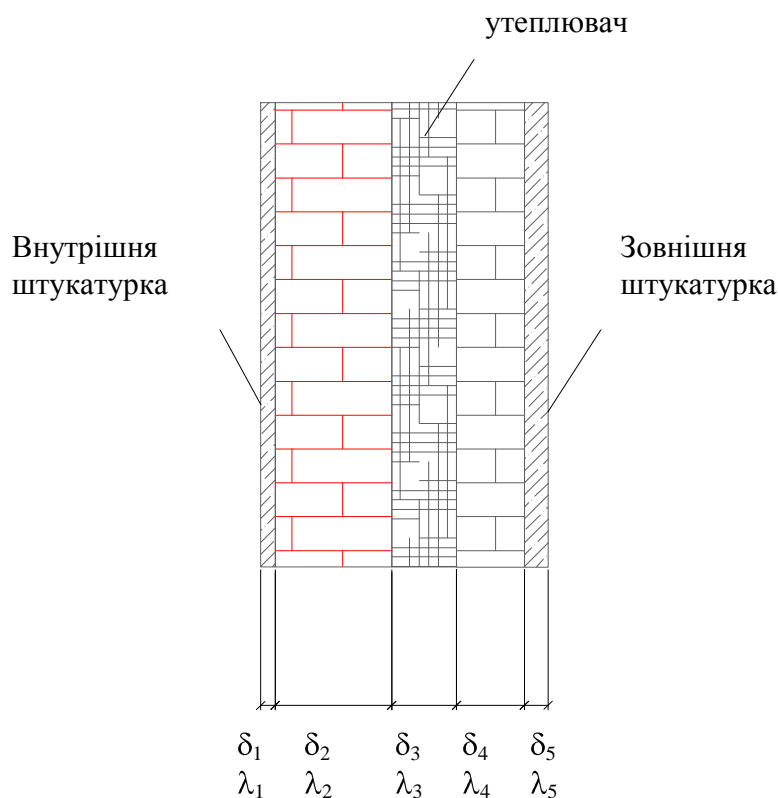


Рис. 3.1. Схема огороження

Необхідно визначити товщину δ_3 шару утеплювача у цегляній кладці. λ – коефіцієнти теплопровідності матеріалу окремих шарів огороження.

Орієнтовний порядок розрахунку.

Визначається загальний термічний опір огорожувальної конструкції, який складається з суми опорів окремих шарів:

$$R_0 = R_B + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_H$$

де R_B та R_H – опори теплосприйняття та тепловіддачі відповідно на внутрішній та зовнішній поверхнях огороження

звідки
$$R_3 = R_0 - R_{BH} + R_1 + R_2 + R_4 + R_5 + R_{ЗОВН}$$

Обчислення опору теплосприйняття на поверхні огороження, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$: –,

$$R_B = \frac{1}{\alpha_B},$$

де α_B – коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні огороження, величину якого приймають рівною $8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$:

Опір тепловіддачі на зовнішній поверхні огороження

$$R_H = \frac{1}{\alpha_H}$$

де α_H – коефіцієнт тепловіддачі із зовнішньої поверхні огороження, який приймається для зимових умов на рівні $23 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$.

Визначаються термічні опори окремих шарів огороження, крім шару утеплювача, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1}, R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2}, R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4}, R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5},$$

де $\delta_1, \delta_2, \delta_4, \delta_5$ – товщина конструктивних шарів огороження, м; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_4, \lambda_5$ – коефіцієнти теплопровідності конструктивних шарів огороження, $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$.

Значення δ й λ приймають за вихідним даними.

Визначається необхідний за санітарно-гігієнічними умовами опір теплопередачі огороження, що буде забезпечувати комфортний температурний режим у приміщенні, $\text{м}^2 \text{ К}/\text{Вт}$:

$$R_O^{TP} = \frac{n \cdot t_B - t_H}{\Delta t^H \cdot \alpha_B},$$

де t_B °C – значення розрахункової температури повітря у приміщенні, прийняте за вихідним даними; Δt^H – нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції, прийнятий відповідно до функціонального призначення будинку; n - коефіцієнт, що враховує положення огороження стосовно зовнішнього повітря.

Значення розрахункової зимової температури зовнішнього повітря, t_H °C приймають за СНіП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» з урахуванням теплової інерції D :

$$D = R_1 \cdot S_1 + R_2 \cdot S_2 + R_3 \cdot S_3 + R_4 \cdot S_4 + R_5 \cdot S_5,$$

де R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 – опір теплопровідності окремих шарів огороження; S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 – розрахункові коефіцієнти теплосвоєння матеріалу окремих шарів огорожуючої конструкції при періоді $Z=24$ год, Вт/м² К (прийнятий за вихідним даними).

Оскільки невідома товщина утеплювача $\delta_{UT} = \delta_3$, визначити показник теплової інерції D за формулою неможливо. Тому спочатку задають інтервал D , припускаючи, що огороження безінерційне ($D < 1,5$), має малу ($1,5 < D < 4$), середню ($4 < D < 7$) або високу ($7 < D$) інерційність. Для безінерційних огорожуючих конструкцій з $D < 1,5$ в якості t_H приймається температура найбільш холодної доби забезпеченістю 0,98, для малоінерційних конструкцій з $1,5 < D < 4$ в якості t_H приймають температуру найбільш холодної доби забезпеченістю 0,92, для конструкцій середньої інерційності з $4 < D < 7$, приймають температуру найбільш холодної з трьох діб забезпеченістю 0,92, обчислену за $t_{X3C} = \frac{t_{X1C} + t_{X5C}}{2}$ формулою. Температуру холодної доби приймають як напівсуму температури холодної доби t_{X1C} й температури холодної п'ятиденки t_{X5C} забезпеченістю 0,92; для високоінерційних конструкцій з $D > 7$ в якості розрахункової необхідно приймати температуру холодної п'ятиденки t_{X5C} забезпеченістю 0,92.

Задаємося інтервалом теплової інерції $4 < D < 7$. При цьому в якості t_H приймаємо температуру найбільш холодних трьох діб забезпеченістю 0,92,

визначену за формулою $t_{X3C} = \frac{t_{X1C} + t_{X5C}}{2}$. Температуру холодної доби приймаємо як напівсуму температури холодної доби t_{X1C} й температури холодної п'ятиденки t_{X5C} забезпеченістю 0,92 $t_{X3C} = \frac{-23 + -19}{2} = -21^{\circ}\text{C}$.

Розраховуємо необхідний опір теплопередачі:

$$R_o^{TP} = \frac{n \cdot (t_B - t_H)}{\Delta t^H \cdot \alpha_B} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

В якості опору теплопередачі огорожуючої конструкції, R_0 житлових і громадських будинків вибираємо найбільше із значень необхідного опору теплопередачі, визначеного за санітарно-гігієнічними нормами R_o^{TP} і нормативним значенням опору теплопередачі огорожуючих конструкцій, $R_{НОРМ}$, що визначаємо за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» для відповідної температурної зони України (рис. 1 ДСТУ – Н Б В.1.1–27:2010 «Будівельна кліматологія»).

Необхідний опір теплопередачі огороження повинен прийматись не меншим $R_o > R_o^{mp} > R_{НОРМ}$.

Звідси

$$R_3 = R_0 - R_{BH} + R_1 + R_2 + R_4 + R_5 + R_{ЗОВН}$$

Знаходимо товщину шару утеплювача як:

$$\delta_3 = R_3 \cdot \lambda_3, \text{ м.}$$

Округляємо розрахункове значення товщини шару утеплювача до найближчого більшого нормативного типорозміру теплоізоляційних виробів

3.2 Порядок виконання роботи

3.2.1 Отримати від викладача вихідні дані для розрахунку.

3.2.2 Накреслити схему огорожувальної конструкції.

3.2.3 Здійснити розрахунок товщини шару утеплювача.

3.2.4 За довідковими даними обрати необхідну товщину шару утеплювача.

3.3 Контрольні питання

3.3.1 Як визначається необхідний за санітарно-гігієнічними умовами опір теплопередачі огорожувальної конструкції.

3.3.2 Як визначаються опори теплопередачі на поверхнях огородження.

3.3.3 Як обирається температурний розрахунковий режим.

3.3.4 Як визначається інерція огородження.

4 Лабораторна робота №4

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій із теплопровідними включеннями

Мета роботи: ознайомлення з методикою визначення теплового стану зовнішніх огорожень, що містять у своєму складі інерідні включення з матеріалу із більшою теплопровідністю, ніж основний матеріал огороження.

4.1 Інформація до самостійної підготовки

У практиці проектування огорожувальних конструкцій зустрічаються випадки, коли в огороження вводять включення з матеріалу із більшою теплопровідністю, ніж основний матеріал конструкції, наприклад, бетонна або сталева колона у цегляній кладці. Такі включення звать «містками холоду», оскільки вони можуть призвести до утворення конденсату на внутрішній поверхні огороження в місцях таких включень. Для нейтралізації цього явища необхідно проводити додатковий розрахунок температури внутрішньої поверхні огороження в місцях розташування теплопровідних включень і порівнювати її з температурою точки роси.

Схеми теплопровідних включень:

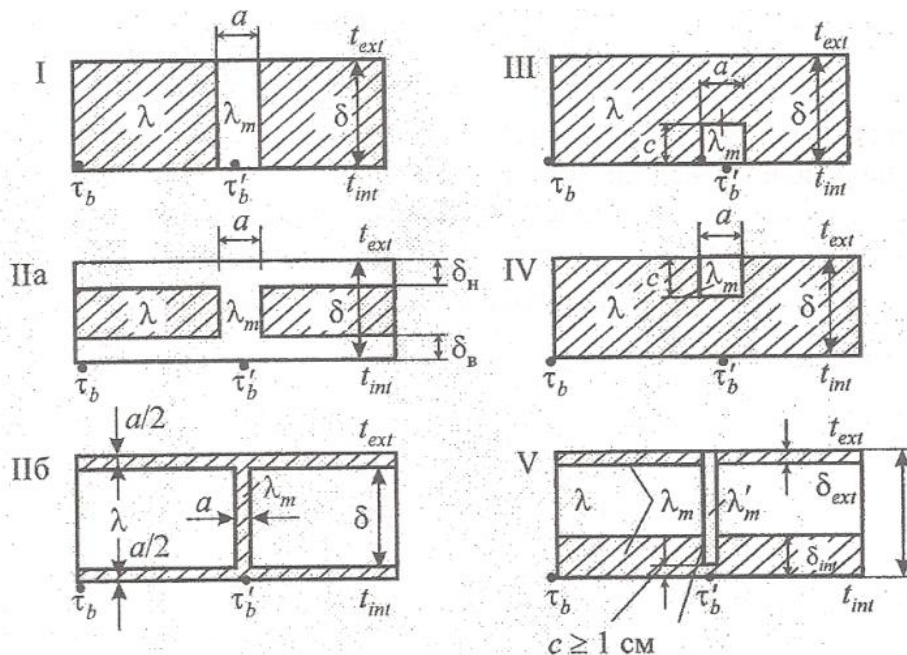


Рис. 4.1. Схеми теплопровідних включень у зовнішніх огороженнях

Для приведених теплопровідних включень температуру внутрішньої поверхні τ'_{si} по теплопровідному включенню визначають:

- Для неметалевих теплопровідних включень

$$\tau_{si}^1 = t_{int} - \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_o^{con} \cdot \alpha_{int}} \left[1 + \eta \left(\frac{R_o^{con}}{R_o^r} - 1 \right) \right],$$

- Для металевих теплопровідних включень

$$\tau_{si}^1 = t_{int} - \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_o^{con} \cdot \alpha_{int}} (1 + \xi \cdot R_o^{con} \cdot \alpha_{int}),$$

де R_o^r , R_o^{con} – опір теплопередачі по перерізу огорожувальної конструкції відповідно у місцях теплопровідних включень та за їх межами; t_{int} , t_{ext} – температура внутрішнього та зовнішнього повітря; α_{int} – коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні огородження.

Значення коефіцієнта μ для розрахунку температури внутрішньої поверхні огородження в зоні теплопровідних включень:

Схема теплопровідного		Коефіцієнт η при a/δ						
включення		0,1	2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5
I		0,52	0,65	0,79	0,86	0,90	0,93	0,95
Па	При δ/δ_e :							
	0,5	0,30	0,46	0,68	0,79	0,86	0,91	0,97
	1,0	0,24	0,38	0,56	0,69	0,77	0,83	0,93
	2,0	0,19	0,31	0,48	0,59	0,67	0,73	0,85
III	При c/δ :							
	0,25	3,60	3,26	2,72	2,30	1,97	1,71	1,47
	0,50	2,34	2,26	1,97	1,76	1,62	1,48	1,31
	0,75	1,28	1,52	1,40	1,28	1,21	1,17	1,11
IV	При c/δ :							
	0,25	0,16	0,28	0,45	0,57	0,66	0,74	0,87

Значення коефіцієнта ζ для розрахунку температури внутрішньої поверхні огороження в зоні теплопровідних включень:

Схема теплопровідного включення		Коефіцієнт ζ , при $(\alpha\lambda_m)/(\delta\lambda)$							
		0,25	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	50,0
I		0,105	0,160	0,227	0,304	0,387	0,430	0,456	0,485
Пб		-	-	-	0,156	0,206	0,257	0,307	0,369
III	При с/δ:								
	0,25	0,061	0,075	0,085	0,091	0,096	0,100	0,101	0,101
	0,50	0,084	0,112	0,140	0,160	0,178	0,184	0,186	0,187
	0,75	0,106	0,142	0,189	0,227	0,267	0,278	0,291	0,292
IV	При с/δ:								
	0,25	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005
	0,5	0,006	0,008	0,011	0,012	0,014	0,017	0,019	0,021
	0,75	0,013	0,022	0,033	0,045	0,058	0,063	0,066	0,071

При наявності у конструкції стіни теплопровідних включень необхідно нескрізні включення розташовувати ближче до теплої сторони огороження, а у скрізних, головним чином металевих, доцільно передбачати вставки (розриви містків холоду) з матеріалу із коефіцієнтом теплопровідності не вище 0,35 Вт/мК.

4.2 Порядок виконання роботи

4.2.1 Обрати схему і матеріал теплопровідного включення у огороженні згідно завдання.

4.2.2 Визначити опір теплопередачі огороження у місці теплопровідного включення та поза ним.

4.2.3 Обрати необхідну формулу для розрахунку.

4.2.4 Обрати згідно таблиць необхідні значення коефіцієнтів у формулах.

4.2.5 Здійснити розрахунок температури внутрішньої поверхні огороження у місці теплопровідного включення та поза ним.

4.3 Контрольні питання

4.3.1 На що впливає наявність теплопровідних включень у огороженні.

4.3.2 Що відноситься до теплопровідних включень.

4.3.3 Де необхідно розташовувати теплопровідні включення у огороженні.

5 Лабораторна робота №5

Теплотехнічний розрахунок неоднорідних огорожувальних конструкцій

Мета роботи: ознайомлення з методикою визначення опору теплопередачі неоднорідних огорожувальних конструкцій

5.1 Інформація до самостійної підготовки

У зв'язку з тим, що у теплотехнічному відношенні огорожувальні конструкції поділяються на однорідні одношарові або багатошарові із послідовно розташованими однорідними шарами та неоднорідні, у яких матеріал є неоднорідним як у паралельному, так і у перпендикулярному напрямку до теплового потоку (колодезьна цегляна кладка, стіна з пустотілої цегли...), тому для однорідних конструкцій визначається загальний опір теплопередачі, а для неоднорідних – приведений опір теплопередачі.

Для плоских огорожувальних конструкцій із неоднорідними включеннями більше 50% товщини огороження, теплопровідність яких не перевищує теплопровідність основного матеріалу більш, ніж у 40 разів, приведений опір теплопередачі визначається наступним чином:

а) обирається характерна частина огорожувальної конструкції

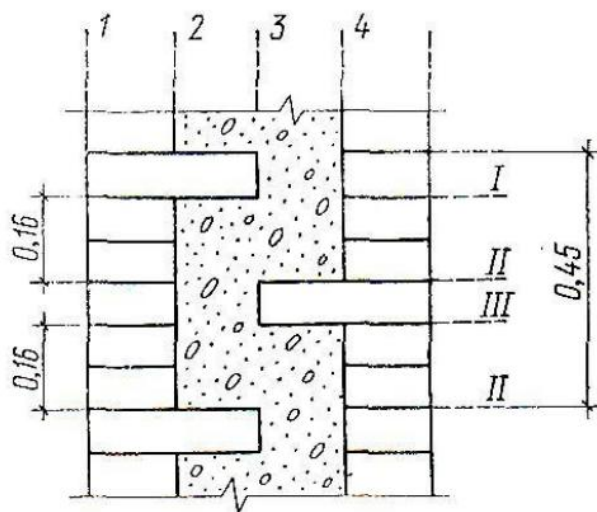


Рис. 5.1. Схема неоднорідної огорожувальної конструкції

б) площинами, паралельними напрямку теплового потоку, огорожувальна конструкція умовно розрізається на характерні у теплотехнічному відношенні ділянки, з яких одні можуть бути однорідними (одношаровими), а інші – неоднорідними.

в) визначається термічний опір виділених ділянок

$$R_a = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \dots + \frac{F_n}{R_n}}$$

г) площинами, перпендикулярними напрямку теплового потоку, конструкція умовно розрізається на шари, з яких одні можуть бути однорідними, а інші неоднорідними – з одношарових ділянок різних матеріалів.

д) визначається термічний опір виділених ділянок як сума термічних опорів одношарових та неоднорідних шарів. Термічний опір R_b визначається як сума

$$R_b = R_1 + R_2 + \dots + R_n + \frac{F_1^1 + F_2^1 + \dots + F_n^1}{\frac{F_1^1}{R_1^1} + \frac{F_2^1}{R_2^1} + \dots + \frac{F_n^1}{R_n^1}}$$

$R = \delta/\lambda$ для однорідних ділянок, та аналогічно R_a для неоднорідних.

Приведений термічний опір такої неоднорідної огорожувальної конструкції визначається як

$$R'_o = (R_a + 2R_o)/3$$

Більшість будівельних матеріалів не можна вважати однорідними (цегла, залізобетон...), оскільки вони мають значну кількість включень, що відрізняються від основного матеріалу коефіцієнтом теплопровідності.

Для плоских стінових панелей заводського виготовлення приведений опір теплопередачі визначають за формулою $R_o^{np} = R_o' \cdot r$, де R_o' – опір теплопередачі огорожувальної конструкції без теплопровідних включень, r – коефіцієнт теплотехнічної однорідності, який визначає зниження приведенного опору теплопередачі конструкції у порівнянні з опором теплопередачі поза зоною цих включень.

Для цегельних стін житлових будинків коефіцієнт теплотехнічної однорідності r приймається не менше:

- 0,74 при товщині стіни 510 мм;
- 0,69 – 640 мм;
- 0,64 – 780 мм.

Для одношарових бетонних панелей – 0,9;

Для бетонних панелей із термовкладкою – 0,75

5.2 Порядок виконання роботи

5.2.1 Отримати вихідні дані для розрахунку від викладача.

5.2.2 Накреслити схему огорожувальної конструкції.

5.2.3 Обрати ділянку конструкції для розрахунку.

5.2.4 Визначити приведений опір теплопередачі конструкції.

5.2.5 Врахувати для даної конструкції коефіцієнт теплотехнічної однорідності.

5.3 Контрольні питання

5.3.1 У яких випадках застосовують загальний або приведений опори теплопередачі огороження.

5.3.2 Як здійснюється визначення приведеного опору теплопередачі огорожувальної конструкції.

5.3.3 Що характеризує коефіцієнт теплотехнічної однорідності.

Список використаних джерел

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. –М.: Высшая школа, 1985.
2. Маляренко В.А. Будівельна теплофізика: курс лекцій. –Харків: ХНАМГ, 2007.
3. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель і енергозбереження. – Харків: САГА, 2006.
4. Маляренко В.А., Герасимова О.М. Навчально-методичний посібник до практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Будівельна теплофізика» для студентів спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція». –Харків: ХНАМГ, 2007.
5. Шихов А.Н. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций гражданских и промышленных зданий. –Пермь: ФГБОУ ВПО ГСХА, 2013.