МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОФІЗИКА

Проєктування зовнішніх огороджень на основі багатошарових конструкцій

Методичні вказівки
до виконання курсової роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальностей
192 «Будівництво та цивільна інженерія»,
ОПП«Теплогазопостачання і вентиляція»;
144 «Теплоенергетика», ОПП «Енергетичний менеджмент,
енергоефективні муніципальні та промислові теплові
технології»

Київ 2025

УДК 697
Б90

Укладач Ю.М. Кольчик, канд. техн. наук, доцент

Рецензент С.В. Барановська, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск О.В. Приймак , д-р техн. наук, професор

Затверджено на засіданні кафедри теплотехніки, протокол № 6 від 15 січня 2025 року.

В авторській редакції.

Будівельна теплофізика. Проєктування зовнішніх огороджень на
Б90 основі багатошарових конструкцій [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання курсової роботи / уклад. : Ю. М. Кольчик. – Київ : КНУБА,
2025. – 44 с.

Містять основи проєктування та інженерні методи теплотехнічного розрахунку зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будівель на основі багатошарових конструкцій з метою приведення конструктивного рішення огороджувальної конструкції у відповідність до чинних нормативних вимог. Наведені таблиці та додатки з ДБН та ДСТУ., необхідні для проведення розрахунків.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальностей 192 «Будівництво та цивільна інженерія», ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»; 144 «Теплоенергетика», ОПП «Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні та промислові теплові технології»

© КНУБА 2025

Загальні положення

Інженер-будівельник за фахом «Теплогазопостачання і вентиляція» та «Теплоенергетика» зобов'язаний володіти сучасними методами теплотехнічного розрахунку огороджувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будівлі, має знати нормативні вимоги до теплотехнічних показників огороджень, повинен вміти спроектувати огороджувальні конструкції, що забезпечують раціональне використання енергетичних ресурсів на опалення, відповідають нормативним вимогам до санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, забезпечують потрібну довговічність конструкцій під час експлуатації. З метою поглиблення знань і набуття практичних навичок у цій сфері студентами виконується курсова робота з дисципліни "Будівельна теплофізика".

Курсова робота складається з:

1) розрахунку потрібної товщини шару утеплювача зовнішніх огороджувальних конструкцій (стіни житлового будинку, горищного перекриття, перекриття над холодним підвалом) за умовами зимового періоду,

2) теплотехнічного розрахунку стіни житлового будинку за умовами літнього періоду,

3) перевірки стіни житлового будинку на відповідність нормативним вимогам щодо вологісного режиму,

4) перевірки повітропроникності стіни і вікна на відповідність нормативним вимогам до повітропроникності.

Таким чином, курсова робота включає основні питання розрахунку процесів тепло- і масообміну в огороджувальних конструкціях.

При виконанні курсової роботи студент застосовує знання, отримані під час лекційних, практичних і лабораторних занять, набуває практичних навичок у роботі з Державними будівельними нормами України, іншими нормативними документами і довідковими матеріалами.

Розрахунки в курсовій роботі потрібно подавати у наступній послідовності:

a) формулювання мети розрахунку, вибір і наведення формули для розрахунку з обов'язковим посиланні на джерела;

b) розшифровка позначень, що застосовуються у формулі, аргументований вибір числового значення кожної величини з обов'язковою вказівкою розмірностей;

c) підстановка в формулу числових значень відповідних величин і наведення кінцевого результату обчислення.

На підставі даних розрахунку конструктивне рішення огородження може бути відкориговане відповідно до чинних нормативних вимог.

Курсову роботу потрібно завершувати списком використаних літературних джерел.

Курсова робота, що перевірена викладачем, має бути представлена до захисту у вигляді зброшурованої пояснювальної записки, що написана українською мовою на листах білого паперу формату А4. Креслення і графіки рекомендується представляти на листах білого паперу формату А3.

1. ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Розрахунок теплоізоляційної оболонки в курсовій роботі складається з чотирьох розділів.

Перший розділ – теплотехнічний розрахунок стіни житлового будинку, горищного перекриття, перекриття над холодним підвалом за умовами зимового періоду і визначення товщини шару утеплювача для вказаних зовнішнії огороджувальних конструкцій, що має задовольняти чинним нормативним вимогам: (*а*) до максимально допустимої за санітарно-гігієнічних вимог різниці між температурами внутрішнього повітря в приміщенні і внутрішньої поверхні стіни; (б) до опору теплопередачі [1], який забезпечує раціональне використання енергоресурсів, що витрачаються на опалення.

Другий розділ – застосування графоаналітичного методу для розрахунку температурно-вологісного стану стіни за умовами періоду вологонакопичення і перевірка стіни на відповідність нормативним вимогам до вологісного режиму огороджувальних конструкцій. У разі потреби необхідно передбачити заходи для приведення теплотехнічних показників стіни у відповідність до нормативних вимог щодо вологісного режиму.

Третій розділ – теплотехнічний розрахунок стіни за літніми умовами експлуатації. Мета розрахунку – перевірка стіни на відповідність нормативним вимогам до теплостійкості огороджень за літніми умовами. У разі потреби передбачаються заходи, що забезпечують виконання нормативних вимог до теплотехнічних показників стіни за літніми умовами.

Четвертий розділ – перевірка стіни і вікна на відповідність нормативним вимогам додопустимої повітропроникності і коригування, в разі потреби, конструктивного рішення стіни і/або вікна для забезпечення повітропроникності, що відповідає нормативним вимогам.

Вихідні дані, потрібні для виконання курсової роботи, приведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

П	стіна житлового будинку					горищне перекриття				
	d_1	d_3	Номер/густина, кг/м^3, матеріалу шару			d_1	d_3	Номер/густина, кг/м^3, матеріалу шару		
	м	м	№ 1	№ 2	№ 3	м	м	№ 1	№ 2	№ 3
0	0,04	0,1	64/2500	38/300	40/1600	0,14	0,02	65	1/75	68
1	0,05	0,12	65/2400	38/400	40/1800	0,13	0,03	64	1/50	68
2	0,06	0,11	46/1600	38/500	46/1400	0,12	0,02	64	5/40	68
3	0,07	0,08	46/1400	38/400	46/1600	0,14	0,03	65	2/70	68
4	0,08	0,06	65/2400	23/400	40/1800	0,13	0,02	64	1/40	68
5	0,1	0,04	40/1600	23/600	64/2500	0,12	0,03	65	2/70	68
6	0,09	0,05	46/1400	23/400	65/2400	0,15	0,02	64	1/75	68
7	0,07	0,13	64/2500	38/400	46/1600	0,14	0,04	65	1/90	68
8	0,03	0,1	65/2400	38/500	40/1800	0,13	0,02	65	2/35	68
9	0,03	0,12	64/2500	38/300	40/1600	0,12	0,03	64	5/60	68

Продовження табл.і 1.1

О	перекриття над холодним підвалом							Відомості про будівлю		
	d_1	d_2	d_4	Номер/густина, кг/м^3, матеріалу шару				Місто	*m*	Конструкція вікна
	мм	мм	мм	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4		поверхів	(згідно табл. 5.2)
0	12	75	120	53	68	1/50	64	Дніпро	12	2-I
1	4	72	220	86/ 1600	68	1/75	64	Харків	11	2-II
2	3	70	200	87/ 1600	68	1/50	65	Івано-Фраківськ	12	2-III
3	12	80	140	53	68	5/40	64	Черкаси	14	2-I
4	3	75	220	87/ 1400	68	2/70	65	Миколаїв	13	2-II
5	14	75	160	53	68	1/40	64	Одеса	9	2-III
6	4	70	220	86/ 1800	68	1/75	65	Львів	14	2-I
7	5	72	220	86/ 1600	68	1/75	65	Луцьк	10	2-II
8	12	70	140	53	68	1/100	64	Житомир	9	2-III
9	4	75	220	87/ 1600	68	2/35	65	Херсон	14	2-I

В таблиці позначено: ***П*** і ***О*** – передостання і остання цифри в номері залікової книжки студента;

Шари огородження в табл. 1.1 пронумеровані в загальноприйнятому напрямі – від внутрішньої до зовнішньої поверхонь огородження. Товщини шарів і номери матеріалів стіни житлового будинку та горищне перекриття приймаються за передостанньою цифрою номера залікової книжки, а товщини шарів і номери матеріалів перекриття над холодним підвалом та інші дані – за останньою цифрою цього номеру. Номери матеріалів, що вказані в табл. 1.1, є порядковими номерами матеріалів в таблицях додатку А в [2].

2. РОЗДІЛ 1. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЇ ЗА УМОВАМИ ЗИМОВОГО ПЕРІОДУ

2.1. Мета розрахунку

В курсовій роботі теплотехнічний розрахунок зовнішніх огороджувальних конструкцій за умовами зимового періоду виконується для термічно однорідних: зовнішньої тришарової стіни житлової будівлі (нове будівництво), тришарового горищного перекриття та чотиришарового перекриття над холодним підвалом. Метою розрахунку є визначення товщини шару утеплювача, що забезпечує виконання наступних нормативних вимог до теплозахисних показників непрозорих огороджувальних конструкцій за умовами зимового періоду

$$R_{\Sigma\ пр} \geq R_{q\ min}, \quad (2.1)$$

$$\Delta\theta int\text{-}si \leq \Delta\theta int\text{-}si,max, \quad (2.2)$$

$$\theta tb,si,min > \theta si,min, \quad (2.3)$$

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

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

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

Δθint-si,max – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції за внутрішніми розмірами, [1, табл. 3] ^{0}C;

θtb,si,min – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огороджувальній конструкції, ^{0}C;

θsi,min – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, ^{0}C.

Мінімально допустиме значення, $R_{q\ min}$, опору теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій, світлопрозорих огороджувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будинків встановлюється згідно з [1, табл. 1] , або табл. 2.1 залежно від температурної зони експлуатації будинку [1, дод.А], або дод.1.

Таблиця 2.1

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції житлових та громадських будинків $R_{q\,\min}$, м^2·К/Вт

№ пор.	Вид огороджувальної конструкції	Значення $R_{q\ min}$, м^2·К/Вт, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові огороджувальні конструкції	4,0	3,5
2	Суміщені покриття,що межують із зовнішнім повітрям	7,0	6,0
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард,горищні перекриття неопалюваних горищ	6,0	5,5
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	5,0	4,0
5	Світлопрозорі огороджувальні конструкції	0,9	0,7
6	Зенітні ліхтарі	0,8	0,7
7	Зовнішні двері	0,7	0,6

2.2. Визначення товщини шару утеплювача, що забезпечує виконання нормативних вимог до теплозахисних показників стіни за зимовими умовами

З теорії тепло- і масообміну випливають наступні залежності, що справедливі для плоскої непрозорої термічно однорідної огороджувальної конструкції

$$\Delta\theta int\text{-}si = \theta int - \theta si = \frac{\Theta_{int} - \Theta_{ext}}{R_{\Sigma} \cdot h_{si}}, \quad (2.4)$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^{m} R_i + \frac{1}{h_{se}}, \quad (2.5)$$

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i}, \quad (2.6)$$

де R_{Σ} – розрахункове значення опору теплопередачі плоскої багатошарової термічно однорідної огороджувальної конструкції, м^2·К/Вт, що задовольняє умові (2.1);

Δt – розрахункове значення різниці між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, ^{0}С що задоволняє умові (2.2);

h_{si} і h_{se} – коефіцієнти тепловіддачі відповідно внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, що приймаються згідно [2,дод. Б], Вт/(м^{2}К);

R_i – термічний опір *i*-го шару, м^2·К/Вт;

m – число шарів огороджувальної конструкції;

θ_{int} – розрахункова температура внутрішнього повітря ^{0}С, в курсовій роботі примається згідно [1 дод. Б];

θ_{ext} – розрахункова температура зовнішнього повітря, що приймається згідно [1 дод. Б], ^{0}С;

d_i – товщина *i*-го шару огороджувальної конструкції, м;

λ_i – значення розрахункового коефіцієнту теплопровідності матеріалу *i*-го шару, Вт/мК.

Значення λ_i приймаються згідно [2, дод. А] з урахуванням умов експлуатації. Умови експлуатації (А або Б) встановлюються згідно [1 дод. Б]; залежно від вологісного режиму приміщення.

Мінімальне значення товщини *d* шару утеплювача багатошарової конструкції, що задовольняє умовам (2.1) – (2.3), визначається за формулою

$$d_{ym\ min} = \lambda_{ym} \left(R_{\Sigma.} - \frac{1}{h_{si}} - \sum_{i=1}^{m-1} R_i - \frac{1}{h_{se}} \right), \quad (2.7)$$

де R_i– термічні опори шарів конструкції, знаходяться за формулою (2.6), м^2·К/Вт;

Остаточно приймається, що розрахункове значення $d_{ут}$ дорівнює значенню $d_{ут.\min}$, округленому до 0,01 м у бік збільшення.

Розрахункове значення опору теплопередачі стіни знаходиться за формулою (2.5) при розрахунковому значенні $d_{ут}$.

Оскільки в курсовій роботі всі конструкції відносяться до непрозорих термічно однорідних огороджувальних конструкцій, то визначення товщини шару утеплювача та розрахункового опору теплопередачі конструкцій рекомендується виконувати у 4 етапи:

1. Визначаються умови експлуатації конструкції
2. Визначаються вихідні дані та значення теплофізичних характеристик, необхідних для розрахунку.
3. Вибирається мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції $R_{q\min}$, м^2·К/Вт.
4. Визначаються товщина шару утеплювача і опір теплопередачі, що задовольняють нормативним вимогам до теплотехнічних показників конструкцій за умов зимового періоду.

Перший розділ курсової роботи потрібно завершити графічним зображенням конструкцій та висновком, що при визначеній товщині $d_{ут}$ конструкції зовнішньої стіни житлової будівлі, горищного перекриття та перекриття над холодним підвалом. задовольняють чинним нормативним вимогам до теплозахисних показників огороджень за зимовими умовами.

3. РОЗРАХУНОК ВОЛОГІСНОГО СТАНУ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

3.1. Основні джерела зволоження огороджень і форми зв'язку вологи з матеріалом

Протягом опалювального періоду парціальний тиск (пружність) водяної пари в повітрі приміщення, як правило, більш високий, ніж в зовнішньому повітрі. Тому в цей період відбувається процес дифузії водяної пари в напрямі від внутрішньої до зовнішньої поверхонь огородження. Наслідком такого процесу паропроникності може бути перезволоження окремих шарів огородження (в першу чергу шару утеплювача), що може суттєво знизити теплозахисні показники огородження.

Крім того на вологісний стан огороджувальних конструкцій можуть впливати й інші види вологи: технологічна (початкова) волога, внесена в конструкцію при її

спорудженні або при застосуванні зволожених матеріалів; грунтова волога, що засмоктується капілярами фундаментів і стін після втрати непроникності гідроізоляції або при відсутності такої ізоляції; атмосферна волога у вигляді косих дощів або інею**,** що утворюється, а при підвищенні температури тане на зовнішніх поверхнях огороджень; волога, що накопичується в конструкціях внаслідок процесів конденсації водяної пари в товщі або на поверхні огородження.

За природою енергії зв'язування вологи з матеріалом (речовиною) і величиною енергетичного рівня цього зв'язку розрізняють такі види вологи:

- волога хімічного зв'язку – входить до складу структурної решітки матеріалу у виді хімічних сполук і відрізняється високим енергетичним рівнем іонного й молекулярного зв'язку з речовиною;
- волога фізико-хімічного зв’язку (сорбційна волога) – поглинається поверхнею зерен матеріалу (речовини) силами молекулярного притягання;
- волога фізико-механічного зв’язку – рідка волога, що утримується в порах і капілярах матеріалу силами поверхневого натягу.

Для огороджувальних конструкцій, що знаходяться у тривалому контакті з повітряним середовищем і захищені від грунтової вологи шаром горизонтальної гідроізоляції, характерним є малий вологовміст. У цьому випадку процес зволоження огороджувальної конструкції відбувається внаслідок процесу паропроникності і, можливо, внаслідок процесів конденсації водяної пари в огородженні.

3.2. Мета розрахунку

Метою розрахунку вологісного стану є перевірка конструктивного рішення огородження на виконання нормативних вимог щодо обмеження накопичення вологи в конструкції внаслідок процесів паро-проникності та конденсації водяної пари в товщі огородження.

Згідно з [3] для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків обов'язкове виконання умови:

$$\Delta w \leq \Delta w_{д}, \qquad (3.1)$$

де Δw – розрахункове збільшення вологості матеріалу в товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи, % за масою;

$\Delta w_{д}$ – допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу в шарі якого може відбуватися конденсація вологи, % за масою, встановлюється згідно табл. 3.1 залежно від виду матеріалу.

Для від'ємного або нульового річного балансу вологи в товщі огороджувальних конструкцій необхідне виконання наступної умови [3] :

$$w_{\text{з.п.}} \leq w_{\text{л.п.}} \qquad (3.2)$$

де $w_{\text{з.п.}}$ – кількість накопиченої товщі огороджувальної конструкції вологи, що сконденсувалася за період вологонакопичення року, кг/ м^2

$w_{\text{л.п.}}$ - кількість вологи, що випаровується з огороджувальної конструкції за період вологовіддачі року, кг/ м^2

Таблиця 3.1

Допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу $\Delta w_д$ в конструкції в холодний період року

Найменування матеріалу	Значення $\Delta w_д$, %
Мінераловатні та скловолокнисті вироби	2,5
Пінополістирол	2,0
Пінополіуретан	3,0
Плити з карбам ідо-формальдегідних пінопластів	7,0
Ніздрюваті бетони (газобетон, пінобетон, газосилікат тощо)	1,2
Бетони легкі	1,2
Вироби перлітові	2,0
Плити з природних органічних та неорганічних матеріалів	7,0
Вироби з кремнезиту	2,5
Цегляне мурування	1,5
Піногазоскло	1,5
Мурування з силікатної цегли	2,0
Засипки з керамзиту, шунгізиту	3,0
Важкий бетон, цементно-піщаний розчин	2,0

2.3. Розрахунок приросту вологості в шарі утеплювача стіни

Розрахунок вологісного стану огороджувальних конструкцій будинків та споруд слід виконувати графоаналітичним методом. Розрахунок проводиться за стаціонарними умовами дифузії водяної пари. При цьому прийняті наступні допущення:

- конструкція є плоскою та термічно однорідною;
- опори паропереходу внутрішньої та зовнішньої поверхонь конструкції дорівнюють нулю;
- Для багатошарових конструкцій у межах однорідного шару конструкції парціальний тиск насиченої водяної пари змінюється за лінійним законом;
- якщо має місце конденсація вологи в товщі конструкції, то зона конденсації має товщину, що дорівнює всій товщині або частині товщини основного шару (зона конденсації - шар).

Розрахунок вологісного стану огороджувальної конструкції починають з аналізу умов дифузії водяної пари найбільш холодного місяця року, для чого виконують наступні розрахунки.

1. Визначають опори паропроникненню кожного шару R_{ex} та конструкції в цілому Re_{Σ} (м^2·год·Па)/мг, за наступними формулами:

$$R_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} R_{ei}, \quad (3.3)$$

$$R_{e_i} = \frac{d_i}{\delta_i}, \quad (3.4)$$

де d_i – товщина *i*-го шару огородження, м; δ_i – коефіцієнт паропроникності матеріалу *i*-го шару, мг/(м⊙год⊙Па), приймається згідно [1, дод. Л]; n – загальна кількість шарів;

2. Визначають розрахункові значення температури θ_{int}, °С, та відносної вологості φ_{int}, %, внутрішнього повітря [1, дод. Б].

3. Визначають розрахункові значення температури θ_{ext} °С [4, табл. 2], та відносної вологості φ_{ext}, %, зовнішнього повітря[4, табл. 26], як кліматичні параметри січня.

4. Визначають розподіл температур *t(x)*, °С, по товщині конструкції за формулою:

$$\theta_i = \theta_{int} - \frac{\theta_{int}-\theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \times (R_{si} + \sum_{i=1}^{n-1} R_i) \quad (3.5)$$

5. Визначають парціальний тиск насиченої водяної пари *E,* Па, на внутрішній E_{int} та зовнішній E_{ext} поверхнях огороджувальної конструкції та на всіх інших межах шарів E_x за розподілом *Ɵ(x)* згідно з таблицею [дод.4].

6. Визначення зони конденсації водяної пари в огороджувальній конструкції.

Розташування зони конденсації водяної пари в огородженні визначають графоаналітичним методом (рис. 3.1).

Для застосування графоаналітичного методу будується переріз стіни, в якому товщина кожного шару дорівнює значенню його опору паропроникності. З цією метою на осі абсцис будується шкала, градуйована в одиницях виміру R_e, м^2·год·Па/мг. На цій шкалі, починаючи від точки R_e=0 (площина внутрішньої поверхні стіни), відкладаються точки, що відповідають значенням опорів паропроникності 1-го шару

(R_{e1}), 1-го і 2-го шарів (R_{e1}+R_{e2}), 1-го, 2-го і 3-го шарів ($R_{e\Sigma}$), і через ці точки перпендикулярно осі абсцис проводять лінії границь шарів стіни (рис. 3.1). По вісі ординат задають шкалу парціального тиску e, Па, та на відповідних межах відкладають значення E_x. Ці значення з'єднують ламаною лінією *E*. (рис. 3.1).

Визначають парціальні тиски водяної пари *e*, Па, на внутрішній e_{si} та зовнішній e_{se} поверхнях огорожі відповідно за формулами:

$$e_{si} = e_{int} = \frac{\varphi_{int} \times E_{int}}{100} \quad (3.6)$$

$$e_{se} = e_{ext} = \frac{\varphi_{ext} \times E_{ext}}{100} \quad (3.7)$$

Отримані значення e_{si} та e_{se} відкладають на умовному перерізі у масштабі шкали *e* та з'єднують відрізком прямої - лінією *e*.

У разі, якщо лінії *E* і *e* не перетинаються, як то конденсація водяної пари в товщі огороджувальної конструкції відсутня, і умови (3.1) та (3.2) слід вважати виконаними.У разі, якщо лінії *E* та *e* перетинаються (рис 3.1)то в товщі конструкції утворюється зона конденсації водяної пари.

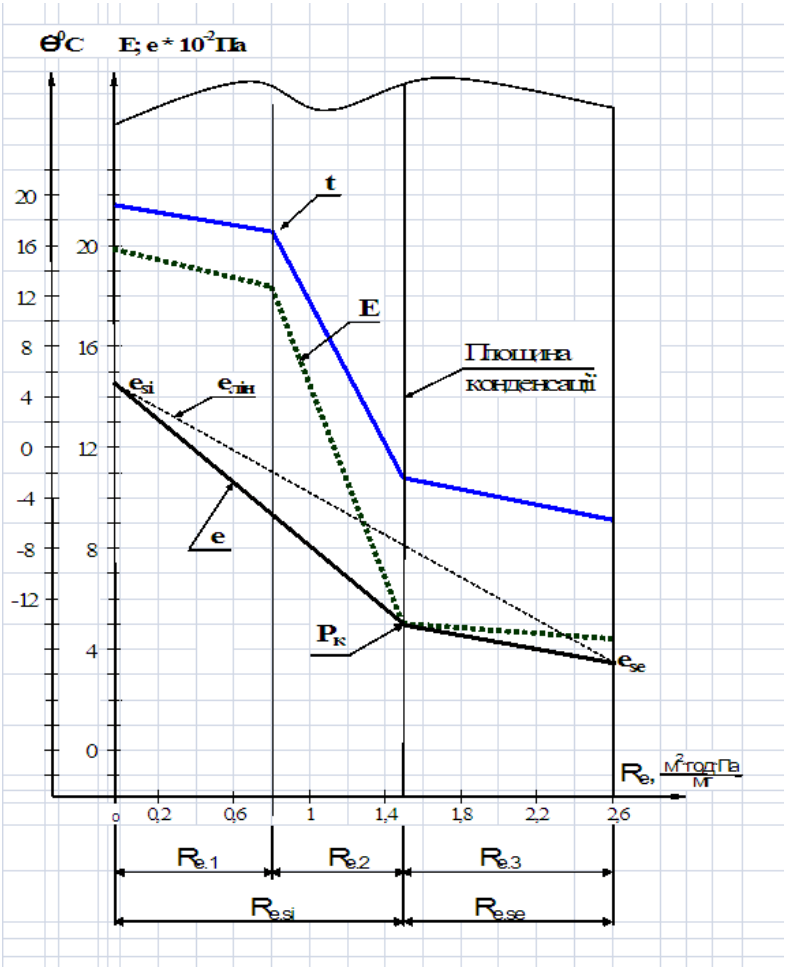


Рис.3.1 Температурно-вологісний стан стіни за умовами найхолоднішого місяця

7. Подальший розрахунок проводять за наступною методикою З точок e_{si}та e_{se} проводять дотичні до лінії *Е*. Точки дотику позначають як P_{si} та P_{se} відповідно. Якщо точки дотику збігаються (P_{si} = P_{se} = $P_к$), то ламана e_{si} $P_к$ e_{se} є лінією розрахункового розподілу парціального тиску водяної пари в товщі конструкції, а зона конденсації представлятиме собою площину, що проходить через точку $P_к$.

8. Розрахунок волого накопичення в огороджувальній конструкції

Для зони конденсації виконують розрахунок приросту вологи за період t, год, розрахункового місяця року. Формули для визначення кількості накопиченої огороджувальною конструкцією вологи за розрахунковий місяць *W,* кг/м^2 мають вигляд:

Кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення, дорівнює:

$$i_{si} = \frac{e_{si} - \mathrm{P}_к}{R_{e_{si}}} \quad \text{мг/ м}^2 \text{ год.} \tag{3.8}$$

де $R_{e_{si}} = R_{e_1} + R_{e_2}$ м^{2}годПа/мг. (3.9)

Кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації в бік зовнішнього середовища дорівнює:

$$i_{se} = \frac{\mathrm{P}_к - e_{se}}{R_{e_{se}}} \text{ мг/ м}^2 \text{ год.} \tag{3.10}$$

де $R_{e_{se}} = R_{e_3}$ м^{2}годПа/мг. (3.11)

$$W = (i_{si} - i_{se}) \times 10^{-6} \times \mathrm{t} \quad \text{кг/м}^2 \tag{3.12}$$

t – тривалість періоду вологонакопичення у годинах

У випадку наявності конденсації водяної пари при розрахунку для найбільш холодного місяця року згідно з [5] аналогічні графічні побудови слід робити для всіх місяців року, в яких має місце конденсація вологи в товщі огорожі. Ці місяці складають період накопичення вологи у конструкції.

За результатами розрахунку для кожного місяця періоду накопичення вологи визначають сумарну кількість вологи, що накопичується в зоні конденсації за даний період $W_{зп}$.

9. Розрахунок приросту вологи Δ*w*, %, у шарі матеріалу, у якому відбувається конденсація вологи (у разі розташування зони конденсації на межі шарів приріст розраховується для шару, прилеглого до зони конденсації з боку внутрішньої поверхні), виконують за формулою:

$$\Delta W = \frac{W_{\text{зп}}}{\rho_{\text{к}} \times \delta_{\text{к}}} \times 100 \qquad (3.13)$$

де $\delta_{\text{к}}$ – товщина шару матеріалу, в якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, м; $\rho_{\text{к}}$ – густина матеріалу, в шарі якого накопичується волога, що конденсується, кг/м^3,

10. Розрахунок вологовіддачі в огороджувальній конструкції

Місяці, в яких конденсація вологи не відбувається, складають період вологовіддачі. Розрахунок кількості вологи, що випаровується з конструкції за цей період, починають з першого місяця, що настає після закінчення періоду вологонакопичення.

Для розрахунку кількості вологи, що випаровується за відповідний місяць із зони конденсації, що утворилася за період вологонакопичення, приймають парціальний тиск водяної пари в межах зони таким, що дорівнює тиску насиченої водяної пари відповідно до температури в цій зоні.

Будується лінія падіння парціального тиску в товщі огорожі e_{si} $P_{\text{к}}$ e_{se}.

За умови, якщо парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря e_{si}буде більше ніж тиск насиченої водяної пари в зоні конденсації $P_{\text{к}}$ та кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації менше ніж видаляється, процес випаровування вологи слід вважати таким, що йде тільки у напрямку до зовнішнього повітря. Розрахункові формули в цьому випадку мають вигляд:

$$i_{si} = \frac{e_{si} - \text{Р}_{\text{к}}}{R_{e_{si}}} \quad \text{мг/ м}^2 \text{ год.} \qquad (3.14)$$

$$i_{se} = \frac{\text{Р}_{\text{к}} - e_{se}}{R_{e_{se}}} \quad \text{мг/ м}^2 \text{ год.} \qquad (3.15)$$

$$W = (i_{se} - i_{si}) \times 10^{-6} \times \text{t} \quad \text{кг/м}^2 \qquad (3.16)$$

За умови, якщо парціальні тиски водяної пари внутрішнього повітря e_{si}та зовнішнього повітря e_{se} менше ніж тиск насиченої водяної пари в зоні конденсації $P_{\text{к}}$, то процес випаровування вологи слід вважати таким, що йде в обох напрямках. . Розрахункові формули в цьому випадку мають вигляд:

$$i_{si} = \frac{\text{Р}_\text{к} - e_{si}}{R_{e_{si}}} \quad \text{мг/ м}^2 \text{ год.} \tag{3.17}$$

$$i_{se} = \frac{\text{Р}_\text{к} - e_{se}}{R_{e_{se}}} \quad \text{мг/ м}^2 \text{ год.} \tag{3.18}$$

$$W = (i_{se} + i_{si}) \times 10^{-6} \times \text{t} \quad \text{кг/м}^2 \tag{3.19}$$

Після розрахунку кількості вологи, що випарилась протягом місяця, визначають баланс вологи у зоні конденсації на початок наступного місяця періоду вологовіддачі. Якщо баланс від'ємний, то це свідчить, що з конструкції випарилась уся волога, що накопичилась в ній за період вологонакопичення, тобто виконується умова (2).

Якщо ж у конструкції залишалась волога, то проводять розрахунок для наступного місяця періоду вологовіддачі.

Розрахунок закінчується місяцем, для якого виконується умова (3.2). Якщо умова (3.2) не виконується потягом періоду вологовіддачі, це свідчить, що конструкція не задовольняє вимогам [3].

В курсовій роботі теплотехнічний розрахунок вологісного стану стіни рекомендується виконувати у 4 етапи:

1. Визначаються вихідні дані для розрахунку.
2. Визначається положення площини конденсації.
3. Визначаються розрахункове і допустиме збільшення вологості шару утеплювача.
4. Перевіряється, чи задовольняє стіна нормативним вимогам щодо вологісного режиму. В разі потреби конструктивне рішення стіни коригується з метою виконання нормативних вимог щодо вологісного стану огороджень.

4. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ЗА ЛІТНІМИ УМОВАМИ

4.1. Мета розрахунку

При теплотехнічних розрахунках зовнішніх огороджувальних конструкцій за літніми умовами розглядаються два фактори теплового впливу зовнішнього середовища: вплив сонячної радіації і тепловий вплив зовнішнього повітря.

Розрахунковий тепловий режим зовнішнього середовища за літніх умов розглядається як періодичний з періодом в одну добу. Метою розрахунків є перевірка теплостійкості зовнішніх непрозорих огороджувальних конструкцій житлових будинків на виконання умови

$$\mathrm{A}_{\theta_{si}} \leq 1.5\ ^{\circ}\mathrm{C} \qquad (4.1)$$

де $\mathrm{A}_{\theta_{si}}$ – амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції за літніх умов.

4.2. Визначення амплітуди коливань температури внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції

Значення амплітуди $\mathrm{A}_{\theta_{si}}$ коливань температури внутрішньої поверхні зовнішньої непрозорої огороджувальної конструкції розраховують за формулою

$$\mathrm{A}_{\theta_{si}} = \frac{\mathrm{A}_{\theta_{ext}}^{\mathrm{розр}}}{\nu} \qquad (4.2)$$

де $\mathrm{A}_{\theta_{ext}}^{\mathrm{розр}}$– розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря, $^{\circ}$C;

ν – величина затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря $\mathrm{A}_{\theta_{ext}}^{\mathrm{розр}}$ в огороджувальній конструкції.

Розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря $\mathrm{A}_{\theta_{ext}}^{\mathrm{розр}}$ визначається за формулою

$$\mathrm{A}_{\theta_{ext}}^{\mathrm{розр}} = \mathrm{A}_{\theta_{ext}} + \frac{\alpha \times (I_{max} - I_{\mathrm{сер}})}{h_{se}}, \qquad (4.3)$$

де $\mathrm{A}_{\theta_{ext}}$– середня амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні ^{0}C, приймається згідно [4, табл. 2] для міста забудови,

α – коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, приймається за дод. 3;

$I_{\max}$ і $I_{\mathrm{сер}}$ – максимальне і середнє значення сумарної сонячної радіації(прямої та розсіяної) для найбільш жаркого місяця за умов ясного неба, Вт/м^2, прийняті згідно [4, табл. 14-17] для зовнішніх стін як для вертикальних поверхонь західної орієнтації і для покриття - як для горизонтальної поверхні;

h_{se} – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огородження для літнього режиму, визначається за формулою, Вт/(м$^2_{\odot}{}^0$С)

$$h_{se} = 1.16 \times \left(5 + 10 \times \sqrt{v}\right), \quad (4.4)$$

де v – мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, м/с, повторюваність яких складає 16 % і більше, прийнята згідно з [4, табл. 6].

Значення величини затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря $\mathrm{A}^{\mathrm{розр}}_{\theta_{ext}}$ в огороджувальній конструкції. ν визначають за формулою:

$$\nu = 0.9 \times \mathrm{e}^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \times \frac{(S_1+h_{si})\times(S_2+Y_1)\times\ldots\times(S_n+Y_{n-1})\times(h_{se}+Y_n)}{(S_1+Y_1)\times(S_2+Y_2)\times\ldots\times(S_n+Y_n)\times h_{se}} \quad (4.5)$$

де *e* = 2,718 – основа натуральних логарифмів;

D – теплова інерція огородження;

s_1 , s_2 ,..., s_n - розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння матеріалу окремих шарів огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), приймаються за [2, дод.А]. для умов експлуатації А;

Y_1 , Y_2 , ... , Y_{n-1} , Y_n – коефіцієнти теплозасвоєння зовнішньою поверхнею окремих шарів огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), що визначаються за формулами (4.8) або (4.9);

n – кількість шарів огородження. Порядок нумерації шарів у формулі (4.5) приймається у напрямку від внутрішньої поверхні конструкції до зовнішньої.

Теплова інерція огородження *D* виначається за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^{n} R_i s_i . \quad (4.6)$$

Для визначення коефіцієнтів теплозасвоєння Y_i, і=1, …, *n*, зовнішніх поверхонь шарів *i*=1, …, *n* огороджувальної конструкції необхідно попередньо визначити теплові інерції D_i цих шарів за формулою:

$$D_i = R_i \times S_i \quad (4.7)$$

Далі коефіцієнти теплозасвоєння Y_i, *i*=1, …, *n*, зовнішніх поверхонь шарів *i*=1, …, *n* огороджувальної конструкції визначають залежно від теплової інерції D_i цих шарів за формулами:

$$Y_i = s_i, \text{ при } D_i \geq 1; \tag{4.8}$$

$$Y_i = \begin{cases} \dfrac{R_1 s_1^2 + h_{si}}{1 + R_1 h_{si}}, & \text{при } i = 1,\ D_1 < 1; \\ \dfrac{R_i s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}}, & \text{при } i > 1,\ D_i < 1; \end{cases} \tag{4.9}$$

Якщо отримане в результаті розрахунків значення $\mathrm{A}_{\theta_{si}}$ не задовольняє нормативній умові (4.1), то потрібно підвищити теплостійкість огородження, наприклад, за рахунок покриття зовнішної поверхні огородження штукатуркою світлих тонів. У такому випадку потрібно зробити перерахунок амплітуди коливань температур зовнішнього повітря і перевірити скориговане конструктивне рішення стіни на відповідність умові (4.1).

В курсовій роботі розрахунок зовнішньої тришарової стіни за літніх умов рекомендується виконувати у 6 етапів:

1. Визначаються вихідні дані для розрахунку.
2. Визначають опори теплопередачі і теплові інерції шарів стіни.
3. Визначаються коефіцієнти теплозасвоєння зовнішніх поверхонь шарів стіни.
4. Визначається величина затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря $\mathrm{A}_{\theta_{ext}}^{\text{розр}}$ в огороджувальній конструкції.
5. Визначається розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря $\mathrm{A}_{\theta_{ext}}^{\text{розр}}$.
6. Визначається амплітуда $\mathrm{A}_{\theta_{si}}$ коливань температури внутрішньої поверхні.
7. Конструктивне рішення стіни перевіряється на відповідність нормативним вимогам щодо теплостійкості за літніх умов.

5. Розрахунок огороджувальної конструкції на повітропроникність

5.1. Рушійна сила повітропроникності огороджень

Рушійною силою повітропроникності огородження є різниця повних тисків повітря на зовнішню і внутрішню поверхні огородження,Δp. В розрахунках огороджень на повітропроникність величину Δp визначають як суму теплового (термогравітаційного) і вітрового напорів повітря за формулою

$$\Delta p = \Delta p_{\text{т.г}} + \Delta p_{\text{в}} \tag{5.1}$$

де $\Delta p_{т.г}$ – термогравітаційний напір, Н/м^2;

Δp_V – вітровий напір, Н/м^2.

Термогравітаційний напір зумовлений різницею об'ємної ваги повітря з боку зовнішньої і внутрішньої поверхонь вертикальної огороджувальної конструкції будинку. Наприклад, якщо розглядати багатоповерховий житловий будинкок за умов, що вікна і вхідні двері зачинені, а входи до вентиляційних каналів перекриті, то при температурах *t*в і *t*з внутрішнього і зовнішнього повітря, що задовольняють нерівності *t*в>*t*з, в нижній частині будинку тепловий напір буде направлений від зовнішнього до внутрішнього середовища, а в верхній частини будинку – у протилежному напрямі.

За розподілом теплового напору повітря можна розподілити будівлю на дві зони: нижню (зона притоку повітря) і верхню (зона витоку повітря), що розділені нейтральною площиною, де тепловий напір дорівнює нулю.

У випадку, коли вентиляційні канали нормально функціонують, (тобто входи до каналів відкриті), нейтральна площина буде займати положення на рівні верху витяжної шахти, до якої приєднані вентиляційні канали. В такому випадку розрахунковий термогравітаційний напір $\Delta p_{т.г}$ для *i*-го поверху будинку визначається за формулою

$$\Delta p_{\text{т.г}} = (H - h_{\text{і}}) \times (\gamma_{ext} - \gamma_{int}) \qquad (5.2)$$

де *H* – висота будинку (від рівня підлоги першого поверху до верху витяжної шахти), м; h_i - висота від рівня підлоги першого поверху до середини огороджувальної конструкції *i*-го поверху, для якого проводиться розрахунок, м;

$\gamma_{ext}, \gamma_{int}$ - питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, Н/м^3, що розраховується за формулами:

$$\gamma_{ext} = \frac{3463}{273+\theta_{ext}} \qquad \gamma_{int} = \frac{3463}{273+\theta_{int}}, \qquad (5.3)$$

де θ_{ext} - розрахункове значення температури зовнішнього повітря, °С, що приймається залежно від температурної зони [1, дод.Б];

θ_{int} - розрахункове значення температури внутрішнього повітря, °С, що приймається залежно від призначення будинку згідно з [1, дод. Б];

Джерелом *вітрового напору* є кінетична енергія повітря, що дорівнює $mV^2/2$, де *m* – маса повітря, *V* – швидкість повітря. Якщо значення кінетичної енергії розділити на об'єм повітря, то отримуємо питому кінетичну енергію, що дорівнює $\rho\ V^2/2$, де ρ – густина повітря. З курсу аеродинаміки відомо, що вітровий напір зовнішнього повітря

на поверхню огороджувальної конструкції дорівнює питомій кінетичній енергії повітря, помноженій на аеродинамічний коефіцієнт β. З урахуванням рівності $\rho_{ext}=\gamma_{ext}/g$, де g – прискорення вільного падіння (9,81 м/с^2), отримуємо наступне рівняння для визначення вітрового напору Δp_V , Па,

$$\Delta p_V = \beta\beta_V \frac{\gamma_{\text{ext}} V^2}{2g}, \quad (5.4)$$

де v – максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, повторюваність яких складає 16 % та більше, прийнята згідно з [4, табл. 5];

β_v – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, який приймається згідно з таблицею 5.1.

Таблиця 5.1

Коефіцієнт урахування швидкості руху зовнішнього повітря залежно від висоти будівлі

Висота будівлі H, м	Коефіцієнт β_v залежно від характеристики місцевості		
	A	B	C
≤5	0,75	0,50	0,40
10	1,00	0,65	0,40
20	1,25	0,85	0,55
40	1,50	1,10	0,80
60	1,70	1,30	1,00
80	1,85	1,45	1,15
100	2,00	1,60	1,25
150	2,25	1,90	1,55
200	2,45	2,10	1,80
250	2,65	2,30	2,00
300	2,75	2,50	2,20
350	2,75	2,75	2,35

Примітка 1. A - відкрите узбережжя моря, озера, водосховища, поле; B - територія, лісовий масив тощо з рівномірно розташованими перешкодами заввишки понад 10 м; C - місцевість з розташованими будинками заввишки понад 25 м.

Примітка 2. Споруда вважається розташованою на місцевості даного типу, якщо ця місцевість є незмінною з навітряного боку споруди на відстань до 30h при висоті споруди до 60 м та 2 км - при більшій висоті будівлі.

Примітка 3. Проміжні значення коефіцієнта β_v слід визначати лінійною інтерполяцією

Для вертикальних поверхонь огороджувальних конструкцій значення аеродинамічних коефіцієнтів становить: з навітряної сторони $\beta_V^{\text{нав}} = 0{,}8$, із завітряної сторони $\beta_V^{\text{зав}} = -0{,}4$, а розрахункове значення аеродинамічного коефіцієнту β дорівнює [8]

$$\beta = 1/2(\beta_V^{\text{зав}} - \beta_v^{\text{зав}}) = 1/2[0.8 - (-0.4)] = 0.6. \quad (5.5)$$

У результаті підстановок в (5.4) отриманного значеня β=0,6 і з урахування наближення $2g \approx 20$ залежність (5.4) набуває вигляду

$$\Delta p_{\text{в}} = 0.03 \times \gamma_{ext} \times v^2 \times \beta_v \quad (5.6)$$

З (5.1), (5.2) і (6.6) випливає, що розрахункова різниця тисків Δp_i для *i*-того поверху опалювального будинку визначається за формулою

$$\Delta \text{p}_{\text{i}} = \Delta p_{\text{т.г}} + \Delta p_{\text{в}} = (H - h_{\text{i}}) \times (\gamma_{ext} - \gamma_{int}) + 0.03 \times \gamma_{ext} \times v^2 \times \beta_v \quad (5.7)$$

В курсовій роботі значення H і h_i, м, визначають за формулами

$$H = h_n \times m + h_{\text{в.ш}} \quad (5.8)$$

$$h_{\text{i}} = \left(\text{i} - \frac{1}{2}\right) \times h_{\text{П}}, \quad (5.9)$$

де h_n – висота поверху, м, в курсовій роботі приймається в межах 2.7 – 3.3 м;

m – кількість поверхів будинку;

$h_{\text{в.ш}}$ – висота від рівня верху вертикальної огороджувальної конструкції до верху витяжної шахти, в курсовій роботі приймається в межах 4…6 м;

i – номер поверху, для якого визначають h_{i} .

5.2. Мета рорахунку

В курсовій роботі виконується розрахунок на повітропроникність непрозорої конструкції (тришарової зовнішьої стіни) і світлопрозорої конструкції (вікна) .

Для огороджувальних конструкцій опалюваних будівель обов'язковим є виконання умови:

$$G^{K} < G_{\text{ї}}^{K} \quad (5.10)$$

де G^K - повітропроникність огороджувальних конструкцій кг/(м^2·год), яка визначається розрахунком відповідно до типу конструкції, або експериментально;

$G_f{}^K$ -нормативна повітропроникність огороджувальних конструкцій кг/(м^2·год), яка визначається згідно з табл.5.2 .

Таблиця 5.2

Допустимі значення повітропроникності огороджувальних конструкцій

Вид огороджувальної конструкції	Значення допустимої повітропроникності огороджувальної конструкції G_H
Зовнішні непрозорі конструкції житлових і громадських будинків	0,4 кг/(м^2·год)
Зовнішні непрозорі конструкції промислових будинків	0,6 кг/(м^2·год)
Стики між елементами(панелями) непрозорих конструкцій житлових і громадських будинків	0,5 кг/(м·год)
Стики між елементами (панелями) непрозорих конструкцій промислових будівель	1,0 кг/(м·год)
Світлопрозорі конструкції житлових та громадських будинків, виробничих будівель із кондиціонуванням приміщень	4,0 кг/(м^2·год)
Світлопрозорі конструкції промислових будівель	7,0 кг/(м^2·год)
Вхідні двері до квартир	2,3 кг/(м^2·год)

У курсовій роботі розрахунок на повітропроникність непрозорої конструкції виконується тільки для 1-го поверху, а для світлопрозорої конструкції – для першого і останього поверхів.

5.3. Визначення повітропроникності зовнішньої стіни будівлі

Повітропроникність огороджувальних конструкцій з послідовним розміщенням шарів (а саме до такої відноситься багатошарова стіна) розраховують за формулою [6]:

$$G^K = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{G_i^{\Delta P}} \right)^{-1} \qquad (5.11)$$

де $G_i^{\Delta P}$ - повітропроникність *i*-го шару конструкції, кг/м^2

n – кількість шарів конструкції.

Повітропроникність шарів огороджувальної конструкції при розрахунковій різниці тисків визначається в залежності від перепаду тиску за результатами випробувань, проведених згідно з ДСТУ Б В.2.6-37, ДСТУ Б В.2.2-19 або ДСТУ Б В.2.6-18 акредитованими лабораторіями або за формулами:

$$G_1^{\Delta P} = G^{\Delta P 0} \cdot \left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right)^n . \qquad (5.12)$$

де $G^{\Delta P_0}$ - массова повітропроникність *i*-го шару конструкції при ΔP_0, яка визначається за результатами випробувань, проведених згідно з ДСТУ Б В.2.6-37, ДСТУ Б В.2.2-19 або ДСТУ Б В.2.6-18 акредитованими лабораторіями, або за дод.5;

Δp_0 – різниця тисків, за якою визначається масова повітропроникність конструкцій експериментальним шляхом ($\Delta p_0 = 10$ Па);

Δp – розрахункова різниця тисків, Па, визначається за формулою (5.7);

n - показник фільтрації, який визначається за результатами випробувань, проведених згідно з ДСТУ Б В.2.6-37, ДСТУ Б В.2.2-19 або ДСТУ Б В.2.6-18 . В курсовій роботі приймається для шарів конструкції n=0,8, а для вікон n=0,67.

5.4. Визначення повітропроникності світлопрозорих конструкцій будівлі

Масова повітропроникність світлопрозорої конструкції G^K визначається в залежності від перепаду тиску за результатами випробувань, проведених згідно з ДСТУ Б В.2.6-37, ДСТУ Б В.2.2-19 або ДСТУ Б В.2.6-18 акредитованими лабораторіями або за формулою:

$$G^K = G^{\Delta P 0} \cdot \left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right)^n$$

$G^{\Delta P_0}$ - массова повітропроникність світлопрозорої конструкції при ΔP_0, яка визначається за результатами випробувань, проведених згідно з ДСТУ Б В.2.6-37, ДСТУ Б В.2.2-19 або ДСТУ Б В.2.6-18 акредитованими лабораторіями, або за табл.5.3.

Таблиця 5.3

Повітропроникність світлопрозорих огороджувальних конструкцій (вікон)

№ пор.	Конструкція вікна	Кіль-кість ущіль-нених стулок вікна	Повітропроникність $G^{\Delta P_0}$, кг/м^2·год (при Δp=10 Па), світлопрозорих конструкцій (вікон) із дерев'яними рамами і ущільненням прокладками з		
			Пінополі-уретану I	губчастої гуми II	Напівшертя-ного шнура III
1	2	3	4	5	6
1	Одинарне чи подвійне скління у спарених рамах	1	3,85	6,25	8,33
2	Подвійне скління у роз-дільних рамах	1	3,45	5,56	7,69
3	Те ж саме	2	2,63	3,85	5,56
4	Потрійне скління у роз-дільно-спарених рамах	1	3,33	5,56	7,14
5	Те ж саме	2	2,27	3,85	5,00
6	Те ж саме	3	1,79	2,70	3,70
Примітка. Конструкція вікна, позначена в графі 11 табл. 2.1 арабською і римською цифрами, відповідає в табл. 5.2 порядковому номеру (арабська цифра) в колонці 1 і відповідній римській цифрі в колонці 4, 5 або 6. Таким чином, позначенню 2-III в табл. 5.2 відповідає конструкція вікна з паропроникністю 5.56 кг/м^2·год (при Δp=10 Па).					

За результатами проведених розрахунків визначають, чи відповідає нормативним вимогам масова повітропроникність стінової конструкції та віконного блоку, про що свідчить виконання умови (5.10). Та робиться висновок чи можуть використовуватись обрані стінові конструкції та віконний блок для даного будинку на всіх поверхах.

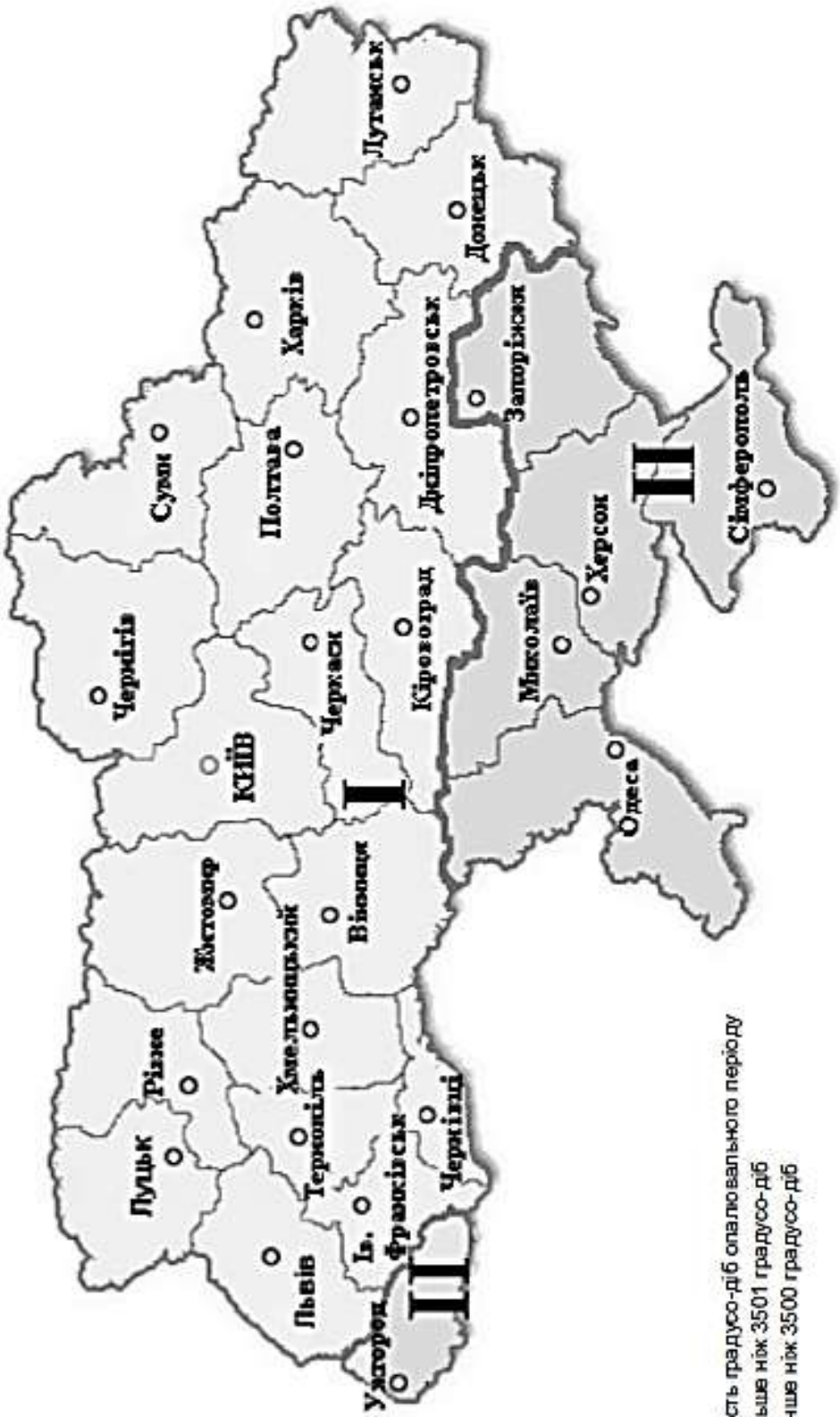
На основі викладених вище положень рекомендується розрахунок на повітропроникність виконувати у 5 етапів:

1. Визначаються вихідні дані для розрахунку.
2. Визначаються різниці тисків повітря на зовнішню і внутрішню поверхні огороджувальних конструкцій.
3. Визначається нормативна повітропроникність огороджень.
4. Визначається фактичні повітропроникність огороджень.
5. Перевіряється відповідність огороджувальних конструкцій нормативним вимогам щодо повітропроникності.

Список літератури

1. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель : ДБН В.2.6-31:2022. – [Чинний з 2022-09-01].- Київ: Мінрегіон України, 2022. – 22с.
2. Теплоізоляція будівель Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель : ДСТУ 9191:2022 – [Чинний з 2023-03-01]. – ДП «УкрНДНЦ» 2023 - 63 с.
3. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огороджувальних конструкцій : ДСТУ-Н.Б.В.2.6-192.2013. – [Чинний з 2014-01-01].- Київ: Мінрегіон України, 2014.- 50 с..
4. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н.Б.В.1.1-27.2010 – [Чинний з 2011-01-01].- Київ: Мінрегіон України, 2010.-112 с..
5. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплозасвоєння огороджувальних конструкцій. ДСТУ-Н.Б.В.2.6-190.2013. [Чинний з 2014-01-01].- Київ: Мінрегіон України, 2014.- 48 с.
6. Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огороджувальних конструкцій. ДСТУ-Н.Б.В.2.6-191.2013 . [Чинний з 2014-01-01].- Київ: Мінрегіон України, 2014.-14 с.
7. Маляренко В.А.,Редько А.Ф.,Чайка Ю.І та ін.. Технічна теплофізика огороджу-ючих конструкцій будівель і споруд : .. навч. посіб./ Харків.: Рубікон, 2001. - 280 с.
8. Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н., Кольчик Ю.Н. Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массобмена : монографія .-Київ : Наукова думка, 2014. - 743 с.

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



$D_д$ – кількість градусо-діб опалювального періоду
I зона більша ніж 3501 градусо-діб
II зона менша ніж 3500 градусо-діб

Додаток 2

РОЗРАХУНКОВІ ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ ВНУТРІШНЬОЇ h_{si} ТА ЗОВНІШНЬОЇ h_{se} ПОВЕРХОНЬ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Ч.ч.	Тип конструкції		Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2 · К)	
			h_{si}	h_{se}
1	Вертикальні непрозорі огороджувальні конструкції (зовнішні стіни)	з опорядженням штукатурками	8,7	23
		з вентильованими повітряними прошарками	8,7	12
2	Те саме (зовнішні двері, ворота)	непрозорі	8,7	23
3	Вертикальні світлопрозорі огороджувальні конструкції (вікна, двері балконні, світлопрозорі зовнішні двері, вітражі, світлопрозорі фасади)		8,0	23
4	Горизонтальні світлопрозорі огороджувальні конструкції (зенітні ліхтарі, покриття атріумів, оранжерей)		9,9	23
5	Горизонтальні непрозорі огороджувальні конструкції за теплового потоку знизу догори	плоскі (суміщені) покриття	10,0	23
		горищні перекриття	10,0	6
6	Горизонтальні непрозорі огороджувальні конструкції за теплового потоку зверху донизу	перекриття над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	5,9	6
		перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами в стінах	5,9	12
		перекриття над неопалюваними підвалами, що межують із зовнішнім повітрям	5,9	17
		перекриття, що межують із зовнішнім повітрям (еркери, проїзди)	5,9	23

Додаток 3

Коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції

Матеріал зовнішньої поверхні огороджувальної' конструкції	Коефіцієнт поглинання сонячної
Алюміній	0,5
Азбестоцементний лист	0,65
Асфальтобетон	0,9
Бетон	0,7
Дерево нефарбоване	0,6
Захисний шар рулонної покрівлі зі світлого гравію	0,65
Цегла керамічна	0,7
Цегла силікатна	0,6
Облицювання природним каменем білим	0,45
Пофарбування силікатне темносіре	0,7
Пофарбування вапняне біле	0,3
Плитка облицювальна керамічна	0,8
Плитка облицювальна скляна	0,6
Плитка облицювальна біла або палева	0,45
Руберойд з піщаною засипкою	0,9

Додаток 4

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТИСКУ НАСИЧЕНОЇ ВОДЯНОЇ ПАРИ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

Значення тиску насиченої водяної пари *E*, Па, при різних температурах повітря *t*, °С, за нормального атмосферного тиску

Ціла частина *t*, °С	Дробова частина *t*, °С									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3793	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3363	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3343
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2827	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1659
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1460	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	675	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	624	626	630	635	640	645	648	653

Ціла частина *t*, °С	Дробова частина *t,* °С									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262.
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

Додаток 5

Значення повітропроникності будівельних матеріалів та виробів

Матеріали та конструкції	Товщина шару *d*, мм	Різниця тиску Δp_0 Па	Повітропроникність $G^{\Delta p_0}$ кг/(м^2·год)
Бетон суцільний (без швів)	100	10	0,00051
Газо- та пінозолобетон суцільний (без швів)	140	10	0,48
Вапняк-черепашник	500	10	1,67
Картон будівельний (без швів)	1,3	10	0,156
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в одну цеглину та більше	250 та більше	10	0,56
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в половину цеглини	120	10	5
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною в одну цеглину та більше	250 та більше	10	1,11
Цегляне мурування із повнотілої цегли на цементно-шлаковому розчині товщиною в половину цеглини	120	10	10
Цегляне мурування з керамічної пустотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною в половину цеглини	120	10	5
Мурування із легкобетонного каменя на цементно-піщаному розчині	400	10	0,77
Мурування із легкобетонного каменя на цементно-шлаковому розчині	400	10	10
Листи азбестоцементні із закладенням швів	8	10	0,051
Кладка з блоків із ніздрюватого бетону розмірами 200 мм х 200 мм х 400 мм	200	10	9,6
		30	27,6
		50	43,2
		100	68,4
Кладка з блоків із ніздрюватого бетону розмірами 200 мм х 200 мм х 400 мм з внутрішнім оздобленням вапняно-цементним розчином	200	10	0,312
		30	0,9
		50	1,08
		100	1,98
Обшивка з обрізаних дощок, які з'єднані впритул у чверть або шпунт	20-25	10	6,67
Обшиття з гіпсової сухої штукатурки із закладанням швів	10	10	0,5
Плити мінераловатні, γ = 80 кг/м^3	40	10	22,4
		30	114,3
		50	244,1
		100	683,3
Целюлозний утеплювач: γ = 35 кг/м^3	60	10	125
γ = 50 кг/ м^3	60	10	32,9
Ніздрюватий бетон автоклавний	100	10	0,005
Ніздрюватий бетон неавтоклавний	100	10	0,05
Пінополістирол (ПСБ)	50-100	10	0,127
Піноскло суцільне (без швів)	120	10	Повітроне-непроникне
Плити мінераловатні жорсткі	50	10	5

Матеріали та конструкції	Товщина шару *d,* мм	Різниця тиску Δp_0 Па	Повітропроникність $G^{\Delta p_0}$ кг/(м^2·год)
Руберойд	1,5	10	Повітронепроникне
Плити фанерні клеєні (без швів)	3-4	10	0,0034
Штукатурка на цементно-піщаному розчині по кам'яному або цегляному муруванню	15	10	0,027
Штукатурка вапняна по кам'яному або цегляному муруванню	15	10	0,07
Повітряні прошарки, мати та плити м'які з мінеральної вати та пухких матеріалів, засипки з керамзиту, піску тощо	Незалежно	10	-

Додаток 6

РОЗРАХУНКОВІ ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Таблиця 2.1

Значення розрахункових теплофізичних характеристик

Ч.ч.	Назва матеріалу	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації *w*, %		Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				
		густина ρ_0, кг/м^3	питома теплоємність c_0, кДж/(кг·К)	теплопровідність λ_0, Вт/(м·К)			теплопровідність $\lambda_р$, Вт/(м·К)		коефіцієнт геплозасвоєння *s*, Вт/(м^2·К)		коефіцієнт паропроникності δ, мг/(м·год·Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
1.1 Волокнисті матеріали											
1	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	30	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,050	0,29	0,31	0,55
		40	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,049	0,34	0,35	0,53
		50	0,84	0,038	0,5	1,0 '	0,044	0,048	0,37	0,39	0,52
		75	0,84	0,037	0,5	1,0	0,043	0,047	0,45	0,48	0,50
		100	0,84	0,038	0,5	1,0	0,044	0,048	0,53	0,56	0,47
		125	0,84	0,038	0,5	1,0	0,045	0,049	0,59	0,63	0,43
		150	0,84	0,039	0,5	1,0	0,048	0,050	0,67	0,69	0,38
		175	0,84	0,039	0,5	1,0	0,049	0,052	0,73	0,76	0,35
		200	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,053	0,79	0,83	0,31
		225	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,054	0,84	0,88	0,30
2	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна	10	0,84	0,044	1	3	0,055	0,057	0,19	0,20	0,70
		15	0,84	0,040	1	3	0,050	0,052	0,22	0,23	0,65
		20	0,84	0,037	1	3	0,047	0,050	0,25	0,27	0,60
		35	0,84	0,035	1	3	0,044	0,047	0,31	0,34	0,53
		70	0,84	0,032	1	3	0,042	0,045	0,43	0,47	0,45

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.2 Полімерні матеріали											
3	Вироби зі спіненого пінополістиролу	15	1,34	0,040	2	10	0,045	0,055	0,28	0,33	0,05
		25	1,34	0,038	2	10	0,043	0,053	0,34	0,40	0,05
		35	1,34	0,037	2	10	0,041	0,050	0,40	0,46	0,05
		50	1,34	0,034	2	10	0,040	0,045	0,46	0,53	0,05
4	Вироби із екструдованого пінополістиролу	30	1,45	0,034	0,5	1	0,035	0,036	0,34	0,34	0,008
		35	1,45	0,035	0,5	1	0,036	0,037	0,37	0,38	0,008
5	Вироби з жорсткого пінополіуретану	40	1,47	0,029	2	5	0,040	0,040	0,40	0,42	0,05
		60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
		80	1,47	0,041	2	5	0,050	0,050	0,67	0,70	0,05
6	Плити з резольно-формальде-гідного пінопласту	40	1,68	0,038	5	20	0,041	0,060	0,48	0,66	0,23
		50	1,68	0,041	5	20	0,050	0,064	0,59	0,77	0,23
		100	1,68	0,047	5	20	0,052	0,076	0,85	1,18	0,15
7	Вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної смоли	15	1,68	0,047	7	30	0,058	0,064	0,27	0,34	0,51
		25	1,68	0,043	7	30	0,063	0,074	0,36	0,47	0,42
		30	1,68	0,041	7	30	0,070	0,085	0,42	0,56	0,40
8	Вироби зі спіненого пінополіетилену	30	1,34	0,043	2	5	0,044	0,047	0,30	0,33	0,02
		50	1,34	0,039	2	5	0,042	0,045	0,38	0,41	0,02
9	Вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену	30	1,34	0,038	2	5	0,042	0,043	0,38	0,40	0,02
1.3 Вироби з природної органічної та неорганічної сировини											
10	Вироби перлітофосфогельові	200	1,05	0,064	3	12	0,070	0,090	1,10	1,43	0,23
		300	1,05	0,076	3	12	0,080	0,120	1,43	2,02	0,20
11	Блоки полістиролбетонні стінові	200	1,06	0,065	4	8	0,070	0,080	1,12	1,28	0,12
		300	1,06	0,085	4	8	0,090	0,110	1,55	1,83	0,10
		600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,200	3,07	3,49	0,068
12	Вироби теплоізоляційні перліто-цементні та перлітогіпсові	300	0,84	0,075	10	15	0,098	0,108	0,92	1,26	0,198
		450	0,84	0,086	10	15	0,118	0,202	1,89	2,63	0,18

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні	250	0,84	0,072	10	15	0,083	0,091	1,38	1,55	0,20
		300	0,84	0,082	10	15	0,098	0,110	1,64	1,85	0,15
		400	0,84	0,110	10	15	0,140	0,160	2,26	2,59	0,10
14	Целюлозний утеплювач	35	0,84	0,039	14	20	0,045	0,048	0,41	0,45	0,35
		50	0,84	0,039	14	21	0,048	0,052	0,50	0,57	0,34
		65	0,84	0,041	15	22	0,052	0,056	0,60	0,68	0,34
		100	0,84	0,056	16	24	0,066	0,070	0,85	0,97	0,33
15	Вироби цементополістирольні	250	0,84	0,066	4	8	0,09	0,1	1,29	1,45	0,1
		300	0,84	0,076	4	8	0,10	0,11	1,53	1,74	0,095
		400	0,84	0,096	4	8	0,12	0,15	2,02	2,33	0,08
		500	0,84	0,116	4	8	0,14	0,19	2,53	2,95	0,070
		550	0,84	0,126	4	8	0,15	0,21	2,78	3,28	0,068
16	Вироби перлітобітумні теплоізоляційні	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
		400	1,68	0,111	1	2	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
17	Піноскло	120	0,84	0,045	0,5	1	0,053	0,054	0,63	0,65	0,002
18	Блоки кремнезитоцементні	300	0,84	0,073	3	6	0,08	0,086	1,30	1,43	0,29
		400	0,84	0,083	3	6	0,09	0,096	1,59	1,75	0,23
		500	0,84	0,093	3	6	0,10	0,11	1,87	2,1	0,17
19	Вироби з арболіту на портландцементі	300	2,30	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,30
		400	2,30	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
		600	2,30	0,12	10	15	0,18	0,23	4,63	5,43	0,11
		800	2,30	0,16	10	15	0,24	0,3	6,17	7,16	0,11
20	Плити теплоізоляційні очеретян	200	2,30	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
		300	2,30	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
21	Плити деревноволокнисті та деревностружкові	200	2,30	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
		400	2,30	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
		600	2,30	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
		800	2,30	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
		1000	2,30	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.4 Бетони теплоізоляційні											
22	Бетони ніздрюваті	200	0,84	0,055	4	6	0,069	0,074	1,01	1,09	0,28
		250	0,84	0,065	4	6	0,078	0,088	1,20	1,32	0,28
		300	0,84	0,080	4	6	0,09	0,10	1,41	1,54	0,26
		350	0,84	0,090	4	6	0,10	0,12	1,60	1,83	0,24
23	Вермикулітобетон	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
		600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
		800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	0,12
1.5 Матеріали теплоізоляційні засипні											
24	Щебінь перлітовий	300	0,84	0,112	1	2	0,115	0,12	1,42	1,51	0,26
25	Гравій шлаковий	300	0,84	0,112	1	3	0,12	0,13	1,56	1,65	0,22
26	Щебінь шлаковий	350	0,84	0,162	1	3	0,17	0,19	2,00	2,16	0,21
27	Вермикулітова засипка	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
		150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26
		200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,105	1,01	1,16	0,23
		250	0,84	0,070	2	3	0,09	0,11	1,20	1,39	0,20
28	Гравій керамзитовий	200	0,84	0,009	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,27
		300	0,84	0,11	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
		400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,2	2,62	2,91	0,23
		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,6	0,21
29	Щебінь шлакопемзовий	400	0,84	0,12	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,26
		500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,25
		600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,70	2,98	0,24
		700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,23
		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,22
30	Крихта з піноскла	80	0,84	0,06	0,5	1,0	0,070	0,071	0,60	0,62	0,28
31	Пісок для будівельних робіт	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.6 Розчини теплоізоляційні											
32	Розчини цементно-перлітові	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
		800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
		1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,30	4,64	5,42	0,15
33	Розчини гіпсоперлітові	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
		500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
34	Розчини цементно-кремнезитові	200	0,84	0,063	4	8	0,072	0,08	1,03	1,17	0,35
		300	0,84	0,073	4	8	0,082	0,09	1,34	1,52	0,29
35	Розчини цементно-шлакові	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
		1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
36	Розчини цементно-пінополістирольні	600	0,84	0,10	4	10	0,12	0,17	2,33	3,06	0,07
37	Вироби на основі перліту	320	0,84	0,076	5	8,5	0,091	0,095	1,49	1,63	0,1
		330	0,84	0,080	7,5	11,5	0,096	0,104	1,63	1,82	0,09
		370	0,84	0,096	3,5	7,0	0,107	0,115	1,69	1,87	0,07
		450	0,84	0,106	6,5	11	0,13	0,14	2,14	2,44	0,07
2 КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
2.1 Бетони ніздрюваті											
38	Бетони ніздрюваті	300	0,84	0,080	4	6	0,09	0,10	1,41	1,54	0,26
		350	0,84	0,090	4	6	0,10	0,12	1,60	1,83	0,24
		400	0,84	0,10	4	6	0,11	0,13	1,84	2,1	0,23
		500	0,84	0,12	4	6	0,15	0,16	2,38	2,48	0,20
		600	0,84	0,14	4	6	0,16	0,18	2,65	2,9	0,17
		700	0,84	0,18	6	8	0,24	0,27	3,66	3,98	0,16
		800	0,84	0,21	6	8	0,27	0,30	4,16	4,51	0,14
		900	0,84	0,24	6	8	0,33	0,36	4,82	5,23	0,12
		1000	0,84	0,29	8	12	0,38	0,44	5,72	6,59	0,11
		1100	0,84	0,34	10	15	0,45	0,51	6,74	7,74	0,1
		1200	0,84	0,38	10	15	0,49	0,55	7,37	8,48	0,09

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39	Газо- та пінозолобетон	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,5	6,86	8,01	0,098
		1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
2.2 Бетони легкі											
40	Керамзитобетон на керамзитовому піску	600	0,84	0,16	5	10	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
		800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
		1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
		1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
		1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
		1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
		1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
41	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
		1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
		1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
42	Керамзитобетон на перлітовому піску	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
		1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
43	Керамзитошлакобетон	1000	0,84	0,25	4	8	0,33	0,41	5,06	5,91	0,15
44	Перлітобетон	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
		800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
		1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
		1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
45	Шлакопемзобетон	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
		1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
		1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
		1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
46	Бетон на доменних гранульованих шлаках	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
		1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
		1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
47	Бетон на зольному гравії	1000	0,84	0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
		1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
		1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.3 Вироби гіпсові											
48	Плити з гіпсу	1000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11
		1200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,7	0,1
49	Листи гіпсокартонні	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
2.4 Вироби бетонні											
50	Блоки кремнезитоцементні	700	0,84	0,2	4	8	0,21	0,23	3,28	3,63	0,19
		800	0,84	0,21	4	8	0,22	0,24	3,59	4,05	0,17
		1000	0,84	0,23	4	8	0,23	0,27	4,28	4,81	0,13
		1200	0,84	0,25	4	8	0,27	0,29	4,87	5,45	0,11
2.5 Деревина та вироби з неї											
51	Сосна та ялина поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
52	Сосна та ялина вздовж волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
53	Дуб поперек волокон	700	2,3	0,10	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
54	Дуб вздовж волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
55	Фанера клеєна	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
56	Картон облицювальний	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
57	Картон будівельний багатошаровий	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
2.6 Цегляна кладка з порожнистої цегли											
58	Керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м^3 (брутто) на цементно-піщаному розчині	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
59	Керамічної порожнистої густиною 1300 кг/м^3 (брутто) на цементно-піщаному розчині	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
60	Керамічної порожнистої густиною 1000 кг/м^3 (брутто) на цементно-піщаному розчині	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.7 Кладка з виробів бетонних											
61	З блоків керамзитошлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м^3 (брутто)	1350	0,88	0,31	1	2	0,37	0,43	5,06	5,91	0,15
62	З блоків керамзитошлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 850 кг/м^3 (брутто)	1400	0,88	0,34	1	2	0,46	0,51	5,95	6,41	0,15
63	З блоків кремнезитоцементних на вапняному розчині із сіопорового та кварцового піску	400	0,88	0,085	3	6	0,09	0,092	1,62	1,74	0,22
3 МАТЕРІАЛИ КОНСТРУКЦІЙНІ											
3.1 Бетони конструкційні											
64	Залізобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
65	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
3.2 Розчини будівельні											
66	Розчин вапняно-піщаний	1600	0,84	0,47	2	4	0,70	0,81	8,69	9,76	0,12
67	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,70	0,87	8,95	10,42	0,098
68	Розчин цементно-піщаний	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
3.3 Облицювання природним каменем та керамічною плиткою											
69	Плити та вироби з природного каменю: граніт, гнейс та базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
70	мармур	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
71	вапняк	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
		1800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
		2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
72	туф	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
		1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
		1400	0,88	0.33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
		1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
		1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
		2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
73	Плити керамічні для підлоги	2000	0,88	0,89	3	5	0,96	1,1	11,63	12,55	0,06
3.4 Кладка цегляна з повнотілої цегли											
74	Керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,56	1	2	0,70	0,81	9,2	10,12	0,11
75	Керамічної звичайної на цементно-шлаковому розчині	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
76	Керамічної звичайної на цементно-перлітовому розчині	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,70	8,08	9,23	0,15
77	Силікатної на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,70	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
78	Трепельної на цементно-піщаному розчині	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
		1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
79	Шлакової на цементно-піщаному розчині	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,70	8,12	8,76	0,11
3.5 Матеріали покрівельні, гідроізоляційні, пароізоляційні та покриття полімерні для підлог											
80	Листи азбестоцементні	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
		1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
81	Матеріали бітумні, бітумно-полімерні покрівельні та гідроізоляційні	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
		1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
		1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008
82	Асфальтобетон	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
83	Руберойд, пергамін	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	0,001
84	Мембрана ПВХ	1000	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,00011
85	Пароізоляційна плівка	1600	1,47	0,3	0	0	0,3	0,3	8,56	8,56	0

Кінець таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
86	Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
		1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
87	Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
		1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
88	Лінолеум полівінілхлоридний багатошаровий та одношаровий без підоснови	800	1,47	0,17	0	0	0,17	0,17	3,32	3,32	0,002
		1200	1,47	0,21	0	0	0,21	0,21	4,51	4,51	0,02
3.6 Метали та скло											
89	Сталь арматурна	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
90	Чавун	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
91	Алюміній	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
92	Латунь, мідь	8500	042	407	0	0	407	407	326	326	0
93	Скло віконне	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0
Примітка. Для будівельних матеріалів, що не увійшли до таблиці, розрахункові значення теплофізичних характеристик необхідно визначати експериментально згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-182.											

Навчально-методичне видання

БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОФІЗИКА

Проєктування зовнішніх огороджень на основі багатошарових конструкцій

Методичні вказівки
до виконання курсової роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальностей
192 «Будівництво та цивільна інженерія»,
ОПП«Теплогазопостачання і вентиляція»;
144 «Теплоенергетика», ОПП «Енергетичний менеджмент,
енергоефективні муніципальні та промислові
теплові технології»

Укладач КОЛЬЧИК Юлія Миколаївна

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 2,56. Обл.-вид. арк. 2,75
Електронний документ. Вид № 44/V-25.

Виконавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03680

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р