

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ**

Методичні вказівки

до виконання розрахунково-графічної роботи
з курсу «Архітектурно-будівельна фізика і кліматологія»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальностей: 191 Архітектура та містобудування; 022 Дизайн середовища

Затверджено
на засіданні кафедри архітектури
та дизайну середовища
Протокол № 2 від 31. 01. 2024 р

Чернігів 2024

УДК 624.01
Т 34

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівель. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з курсу «Архітектурно-будівельна фізика і кліматологія» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальностей: 191 Архітектура та містобудування; 022 Дизайн середовища / Укл: Завацький С.В. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2024. – 64 с.

Укладач: Завацький Сергій Володимирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри архітектури та дизайну середовища НУ «Чернігівська політехніка»

Рецензент: Цибуля Сергій Дмитрович, доктор технічних наук, професор, директор ННІ механічної інженерії, технологій та транспорту НУ «Чернігівська політехніка»

Відповідальний за випуск: Завацький С. В., кандидат фізико-математичних наук, доцент

У методичному посібнику викладено теоретичний матеріал змістового модуля «Будівельна теплотехніка» навчального курсу «Архітектурно-будівельна фізика і кліматологія». Розглянуті питання щодо завдань та методів будівельної теплофізики, основи теорії теплопереносу в різних середовищах, загальні нормативні положення розрахунку теплової ізоляції будівель і споруд в залежності від кліматичних умов місцевості, тепловологісного режиму приміщень будівель та умов їх експлуатації.

Посібник містить приклади послідовності теплотехнічних розрахунків різноманітних огорожувальних конструкцій: приведених опорів теплопередачі термічно однорідних і неоднорідних зовнішніх стін; світлопрозорих конструкцій; конструкцій з теплопровідними включеннями; показника теплосвоєння підлоги. Докладно проаналізовано сутність вологісного стану огорожувальних конструкцій та наведено приклади його оцінки для умов холодного періоду експлуатації будівель з врахуванням нормативних вимог.

Методичний посібник призначений для самостійної роботи здобувачів першого рівня вищої освіти всіх форм навчання, які навчаються за спеціальностями: 191 Архітектура та містобудування; 022 Дизайн середовища.

© НУ «Чернігівська політехніка», 2024

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
1. ЗАВДАННЯ ТА МЕТОДИ БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ	6
2. СПОСОБИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТЕПЛА ТА ВИДИ ТЕПЛООБМІНУ	7
3. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ.....	14
4. ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ НЕОДНОРІДНИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	20
5. РОЗРАХУНОК ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОГОРОДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕНИМИ ЗНАЧЕННЯМИ ЛІНІЙНОГО КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ	22
6. РОЗРАХУНОК ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ СВІТЛОПРОЗОРИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	24
7. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОЗАСВОЄННЯ ПІДЛОГИ	26
8. ОЦІНКА ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	30
9. КОНСТРУКТИВНІ ЗАХОДИ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ НАКОПИЧЕННЯ ВОЛОГИ В ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ.....	43
10. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ЗМ «БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОТЕХНІКА»	45
ДОДАТОК А (обов'язковий) РОЗРАХУНКОВІ ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	47
ДОДАТОК Б (довідковий) ЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ПРУЖНОСТІ ВОДЯНОЇ ПАРИ E (Па) ДЛЯ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУР.....	57
ДОДАТОК В (довідковий) ЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТОЧКИ РОСИ τ_p ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ І ВІДНОСНИХ ВОЛОГОСТЯХ ПОВІТРЯ.....	59
ДОДАТОК Г ТЕПЛОПРОВІДНІ ВКЛЮЧЕННЯ ТА ЇХ УСУНЕННЯ НАПРАВЛЕНОЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ	60
ДОДАТОК Д (довідковий) КЛІМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ ХОЛОДНОГО ПЕРІОДУ РОКУ ДЛЯ МІСТ УКРАЇНИ	62
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	64

ПЕРЕДМОВА

Навчальний курс «Архітектурно-будівельна фізика і кліматологія» входить до переліку обов'язкових компонентів професійного циклу фахової підготовки здобувачів першого рівня вищої освіти за освітньо-професійними програмами «Архітектура та містобудування» та «Дизайн середовища». Це обумовлено тим, що сучасні процеси архітектурного проектування будівель і споруд та їх комплексів, виконання дизайнерських проєктів планування внутрішнього та зовнішнього архітектурного середовища вимагають їх здійснення не тільки у відповідності з встановленими до них функціональними вимогами, об'ємно-планувальною специфікою, а й з врахуванням природно-кліматичних факторів довкілля.

Архітектурно-будівельна фізика – є галуззю прикладної фізики, яка вивчає фізичні процеси в будівельних матеріалах, конструкціях, будівлях, їх приміщеннях і на сельбищних територіях, які виникають під впливом перепадів температури, сонячної радіації, руху та вологості повітря, атмосферних опадів, розробляє інженерні методи розрахунків цих процесів для надання необхідних фізичних якостей конструкціям будівель та пропонує прийняття обґрунтованих об'ємно-планувальних і містобудівних рішень.

Отже досягнення найбільш ефективних рішень можливо тільки за умови комплексного врахування фізичних параметрів середовища (кліматичних, світлотехнічних, теплотехнічних й акустичних) на початковій стадії архітектурного проектування.

В даному методичному посібнику викладено теоретичний матеріал змістового модуля «Будівельна теплотехніка» навчального курсу «Архітектурно-будівельна фізика і кліматологія». Основною метою вивчення цього змістового модуля є формування фахових компетентностей щодо обґрунтування та вибору найбільш доцільних об'ємно-планувальних рішень будівель та їх огорожувальних конструкцій, які задовольняють нормативним вимогам забезпечення в приміщеннях сприятливого мікроклімату для різноманітної діяльності та відпочинку людини.

В посібнику розглядаються питання щодо завдань та методів будівельної теплофізики, основ теорії теплопереносу в різних середовищах, загальні нормативні положення розрахунку теплової ізоляції будівель і споруд в залежності від кліматичних факторів місцевості, тепловологісного режиму приміщень будівель та умов їх експлуатації.

Посібник містить приклади поелементного проектування огорожувальних конструкцій:

- розрахунку приведенного опору теплопередачі зовнішніх непрозорих огорожувальних конструкцій, виготовлених з однорідних шарів теплоізоляційних і конструкційних матеріалів;
- розрахунку приведенного опору теплопередачі зовнішнього непрозорого огороження з декількома термічно однорідними зонами;
- розрахунку приведенного опору теплопередачі огороження з визначеними значеннями лінійного коефіцієнта теплопередачі теплопровідних

включень;

- розрахунку приведеного опору теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій;

- виконання перевірного розрахунку теплостійкості підлог житлового приміщення;

- послідовності оцінки вологісного стану багат шарових огорожувальних конструкцій з утепленням із зовнішнього та з внутрішнього боку приміщення для умов холодного періоду року.

В додатках приведені таблиці з нормативними даними щодо розрахункових теплофізичних характеристик теплоізоляційних, конструкційно-теплоізоляційних та конструкційних матеріалів огорожень а також довідкові дані про значення максимальної пружності водяної пари E (Па) для різних температур, значення температури точки роси τ_p при різних температурах і відносних вологостях повітря, кліматичні параметри холодного періоду року для міст України.

Мета цього посібника – допомогти здобувачам вищої освіти – бакалаврам з архітектури та містобудування та дизайну середовища вивчити нормативну базу теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій будівель і самостійно виконати розрахунково-графічну роботу зі змістового модуля «Будівельна теплотехніка» навчального курсу «Архітектурно-будівельна фізика і кліматологія».

1. ЗАВДАННЯ ТА МЕТОДИ БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ

Одним з основних завдань будівельної теплофізики є обґрунтування найбільш доцільних при експлуатації архітектурно-будівельних рішень споруд та їх огороджувальних конструкцій, які задовольняють вимогам забезпечення в приміщеннях сприятливого мікроклімату для діяльності або відпочинку людини.

Огороджувальні конструкції будівель за своєю теплотехнічною сутністю є ізоляційними оболонками, які захищають внутрішнє середовище приміщень від кліматичного впливу навколишнього природного середовища. Тому дослідження термодинамічних процесів, які відбуваються між цими середовищами за допомогою методів будівельної теплофізики ґрунтуються на загальній теорії теплообмінних і масообмінних явищ у матеріальних системах.

У термодинамічному відношенні огороджувальні конструкції будівель - це відкриті системи, які обмінюються із навколишнім середовищем енергією (теплообмін) і речовинами (волого- та повітрообмін).

Теплофізичні методи мають широке використання, але для спрощення розрахункових операцій використовують розрахункові методи для усталених процесів тепло- та масообміну, які не змінюються у часі.

Природні умови обміну енергією та речовинами найчастіше не мають усталеного характеру, а пов'язані з періодичними змінами температури та інших параметрів повітряного середовища. А тому при розгляді неусталених процесів, до яких відносяться поступове охолодження, нагрівання, зволоження, руйнування, доцільно ввести поняття про гранично допустимі стани цих процесів, які суттєво впливають на експлуатаційні якості розрахункової конструкції.

В основу розрахунків будівельної теплотехніки покладені методи розрахунку за граничними станами опору теплопередачі, паропроникності, теплостійкості та повітропроникності огороджувальних конструкцій [5]. Це означає, що необхідно розробити одно- або багат шарову огороджувальну конструкцію, розрахувати її опір теплопередачі, опір паропроникності, величину амплітуди коливання температури внутрішньої поверхні та опір повітропроникності, а потім порівняти ці величини з відповідними мінімально або максимально допустимими. У випадках невиконання вимог скорегувати конструктивне рішення огороджувальної конструкції.

Основним фактором, який визначає втрати тепла в приміщеннях будівель, а відповідно до цього збільшує споживання енергії на їх опалення, є опір теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій - стін, покриттів, перекриттів, вікон, балконних і входних дверей.

У найпростішому випадку огороджувальна конструкція будівлі за своєю розрахунковою схемою є плоскою конструкцією, обмеженою паралельними поверхнями, яка розділяє повітряні середовища з різними температурами.

Багат шарова огороджувальна конструкція – це конструкція, що складається за своїм перерізом із шарів матеріалу, теплофізичні характеристики яких відрізняються один від одного не менше ніж на 20%.

Термічно однорідна огороджувальна конструкція – це одношарова чи

багатошарова огороджувальна конструкція, що немає у своєму об'ємі теплопровідних включень.

Теплопровідне включення – це елемент огороджувальної конструкції, розташований в її об'ємі паралельно напрямку теплового потоку, який має термічний опір, менший від термічного опору основного поля більше ніж на 20%.

Термічна неоднорідність – це наявність зон загальною площею більше ніж 2% від внутрішньої поверхні конструкції з температурами, відмінними від середньозваженої температури основного поля більше ніж на 2°C.

Термічно неоднорідна огороджувальна конструкція – це огороджувальна конструкція окремого приміщення, що має у своєму об'ємі теплопровідні включення.

Непрозорі конструкції – це ділянки теплоізоляційної оболонки будівлі (стіни, покриття, перекриття тощо), до складу яких входить один і більше шарів матеріалів, які не пропускають видиме світло.

Світлопрозорі конструкції – це ділянки теплоізоляційної оболонки будівлі (вікна, балконні та входні двері, вітражі, фасадні системи, ліхтарі тощо), які пропускають видиме світло.

2. СПОСОБИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТЕПЛА ТА ВИДИ ТЕПЛООБМІНУ

Розповсюдження тепла в матеріальних середовищах або в конструкціях будівель завжди зв'язано з різним тепловим станом окремих зон або ділянок простору, наприклад тепле повітря в приміщенні, що опалюється, і холодне назовні. Процеси теплопередачі, що відбуваються, призводять до постійного або змінного у часі розподілу температур у матеріальних середовищах або конструкціях. **Одочасний розподіл температур** у матеріальній системі, що розглядається, називається **температурним полем**.

Різницею потенціалів (рушійною силою) переносу тепла в матеріальному середовищі є різниця температур в окремих зонах, розрізах або точках цього середовища.

Тепло розповсюджується в середовищі від ділянок з більш високою температурою до ділянок з більш низькою температурою. Поширення (дифузія) теплових потоків в природному середовищі може відбуватися трьома шляхами: **теплопровідністю, конвекцією та випромінюванням**.

Теплопровідністю називають процес передачі тепла між дотикаючимися тілами або частинами одного й того ж тіла з різною температурою. Теплообмін за допомогою теплопровідності починається за умови наявності різниці температур між частинками або елементами структури матеріального середовища, що дотикаються один до одного. Кінцевим результатом теплообміну шляхом теплопровідності є вирівнювання температури між дотикаючимися тілами або частинами всього тіла. Передача тепла в огороджувальних конструкціях, які виконані з твердих матеріалів, від більш теплої поверхні конструкції до більш холодної відбувається, головним чином, шляхом теплопровідності.

Теплопровідність однорідної одношарової огорожувальної конструкції – це здатність її матеріалу передавати теплоту від однієї (внутрішньої) поверхні до іншої (зовнішньої) за наявності різниці температур на цих поверхнях, інтенсивність якої характеризується коефіцієнтом теплопровідності [6].

Через плоску і достатньо протяжну огорожувальну конструкцію потік тепла проходить перпендикулярно до її поверхні. В умовах стаціонарності, яка виникає при постійних значеннях температур повітря, прилеглих до теплої та холодної поверхонь огорожувальної конструкції, тепловий потік, переданий теплопровідністю крізь одношарову стінку, визначається за формулою:

$$q = \Delta t \cdot \frac{\lambda}{\delta}, \quad (1)$$

де Δt – різниця температур між теплою та холодною поверхнями конструкції, К;

λ , - коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м К);

δ – товщина огорожувальної конструкції, м.

Конвекція – це переміщення в просторі (об’ємі) нерівномірно нагрітих об’ємів (шарів) рідин або газів. Конвекція нерозривно пов’язана з перенесенням маси речовини. В теплотехніці рідини і гази (наприклад, вода і повітря) називають теплоносіями. Рушійними силами природної конвекції є сила гравітації та сила Архімеда. Під дією виштовхувальної сили Архімеда гарячі (менш густі) об’єми теплоносія піднімаються вгору, а холодні (більш густі), під дією сили Земного тяжіння опускаються вниз.

Розповсюдження тепла природною конвекцією відбувається, наприклад, у приміщеннях, які опалюються, в конструкціях із повітряними прошарками, в яких виникають потоки повітря під впливом нерівномірного нагрівання окремих ділянок і поверхонь.

Тепловий потік, що передається конвекцією, є функцією різниці температур Δt та швидкості потоку повітря v :

$$q = f(\Delta t, v). \quad (2)$$

Випромінювання – це процес розповсюдження в просторі в тому числі і вакуумі енергії електромагнітних хвиль, що випромінюють нагріті тіла. Поширюючись в просторі електромагнітні хвилі на своєму шляху зустрічаються з іншими тілами, які їх поглинають. За рахунок енергії поглинутих електромагнітних хвиль тіла нагріваються.

Теплообмін, який відбувається між поверхнями твердих тіл з різною температурою та розділеним прозорим для електромагнітних хвиль середовищем, наприклад, повітрям називається **тепловим випромінюванням**.

Тепловий потік, переданий випромінюванням, розраховується за формулою:

$$q = \alpha_{\text{п}} \Delta t, \quad (3)$$

де $\alpha_{\text{п}}$ - коефіцієнт теплопередачі випромінюванням, Вт/(м² · К);

Δt - різниця температур поверхонь, що беруть участь у взаємному опромінюванні, °С.

За рахунок теплового випромінювання відбувається прогрів земної поверхні при дії сонячної радіації, а також теплообмін між нагрітими поверхнями у вакуумі.

Перенесення теплоти в будівлях та їх огорожувальних конструкціях відбуваються за рахунок комбінації трьох природних процесів – **теплопровідності, конвекції та теплового випромінювання**. В твердих матеріалах конструкцій основним видом передачі тепла є **теплопровідність**, тоді як у повітряному середовищі біля поверхонь конструкцій переважає теплообмін за рахунок взаємодії нагрітих (оходжених) поверхонь з конвективними потоками холодного (нагрітого) теплоносія. Такий вид теплообміну називається **тепловіддачею**. В повітряних прошарках і пустотах при наявності поверхонь з різною температурою теплопередача здійснюється шляхом випромінювання.

Таким чином **теплопередачею** можна назвати процес перенесення тепла від гарячого теплоносія (внутрішньокімнатного повітря) до холодного (зовнішнього повітря) крізь розділяючу їх стінку (огорожувальну конструкцію).

Інтенсивність тепломасообмінних процесів у матеріалах характеризуються теплотехнічними показниками матеріалів з яких виготовляються огорожувальні конструкції.

Інтенсивність теплопередачі за рахунок теплопровідності в твердих матеріалах огорожувальної конструкції визначається величиною **коефіцієнта теплопровідності**, який прийнято позначати грецькою прописною буквою λ («лямбда»). Коефіцієнти теплопровідності будівельних матеріалів визначаються експериментально в лабораторних умовах з виразу (1):

$$\lambda = \Delta t \cdot \frac{Q \cdot \delta}{(t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau}, \quad (4)$$

Якщо товщину огорожувальної конструкції (δ), її площу (F), час теплопередачі (τ) та різницю температур ($t_1 - t_2$) у формулі (4) прийняти рівними одиниці, тоді $\lambda = Q$.

Коефіцієнт теплопровідності – чисельно дорівнює кількості теплоти, що проходить через зразок матеріалу завтовшки 1 м, площею 1 м² за 1 секунду при різниці температур на протилежних сторонах зразка в 1 градус.

Коефіцієнт теплопровідності – це одна з основних теплофізичних характеристик будівельних матеріалів. Його величина залежить від ступеня пористості та характеру пор, структури, вологості, температури, а також від виду матеріалу (див. рис. 1).

Найбільше на теплопровідність матеріалу впливає пористість. Чим менша середня густина матеріалу, тим більше у ньому пор, наповнених повітрям. З усіх природних і штучних речовин повітря має найменшу теплопровідність, його коефіцієнт теплопровідності 0,023 Вт/(м К). Саме тому теплопровідність сухих

легких пористих матеріалів невелика і має проміжне значення між теплопровідністю твердої речовини та повітрям.

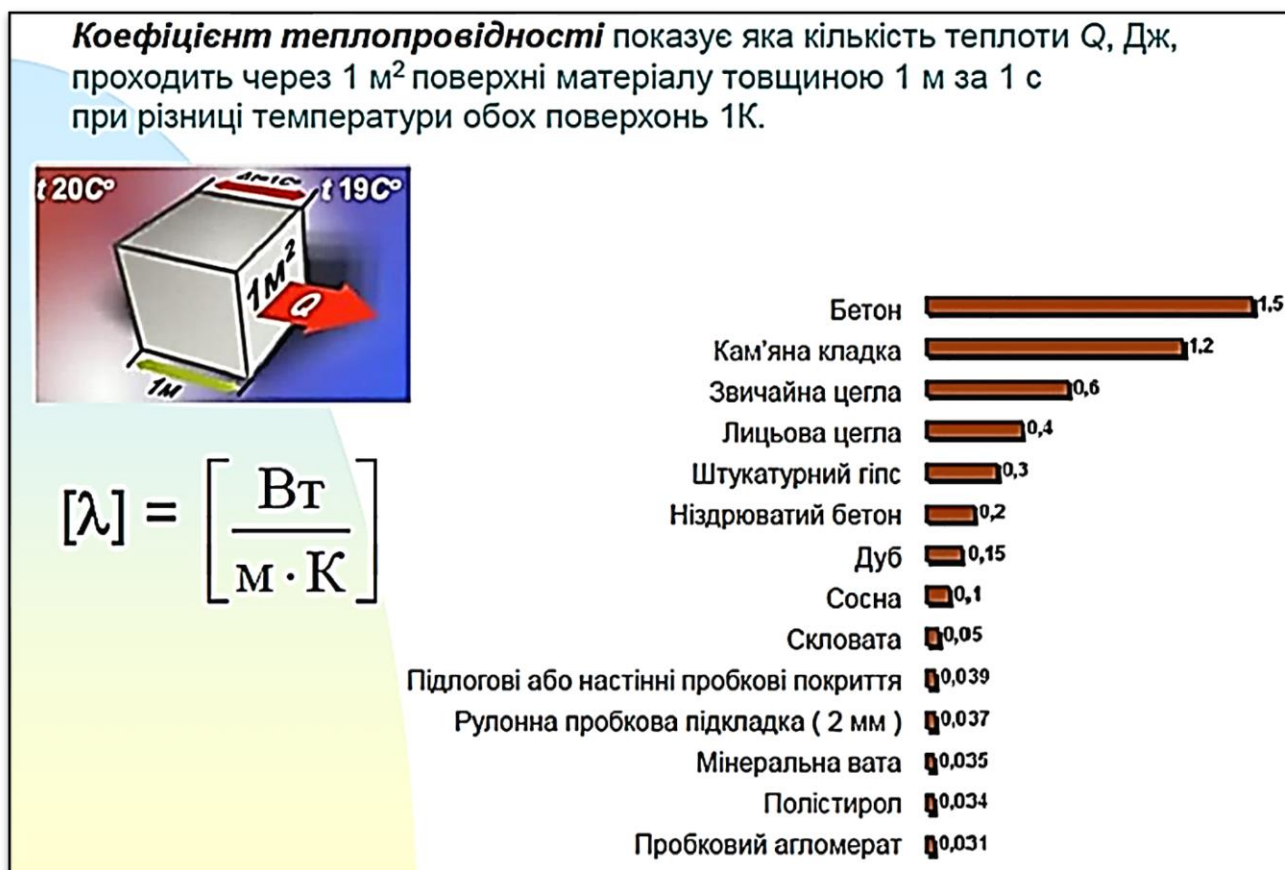


Рис. 1. Значення коефіцієнта теплопровідності деяких будівельних матеріалів

Коефіцієнт теплопровідності матеріалу залежить не лише від кількості, а й від розміру та форми пор. Будівельні матеріали з дрібними і закритими порами мають більший коефіцієнт теплопровідності, ніж матеріали з великими та сполученими порами, заповненими повітрям з низьким значенням коефіцієнта теплопровідності.

Необхідно враховувати, що волокнисті матеріали одного походження, але різного структурного стану можуть мати різну теплопровідність у різних напрямках. Наприклад, для сухої соснової деревини: $\lambda = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м К})$, якщо тепловий потік спрямований вздовж волокон, і $\lambda = 0,34 \text{ Вт}/(\text{м К})$ - якщо впоперек.

Теплопровідність кристалічних речовин вища, ніж аморфних. Наприклад, для таких щільних матеріалів, як граніт і скло з середньою густиною $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$ вона має величини: для кристалічного граніту $\lambda = 2,8 \text{ Вт}/(\text{м К})$, для аморфного скла $\lambda = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м К})$.

Матеріали органічного походження порівняно з мінеральними при однаковій середній густині також мають меншу теплопровідність.

Зміна вологості будівельних матеріалів істотно позначається на їхній теплопровідності. Це пояснюється тим, що теплопровідність води $\lambda = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м К})$, тобто у 25 разів більше, ніж для повітря, а тому пори, заповнені водою, легше пропускають тепловий потік і теплопровідність водонасичених матеріалів

підвищується. Теплопровідність матеріалів насичених водою та заморожених ще вища, оскільки теплопровідність льоду $\lambda = 2,3$ Вт/(м К), що приблизно в чотири рази більше, ніж води. Саме від ступеня зволоження залежать значення розрахункової теплопровідності матеріалів, з яких складається конструкція. У свою чергу, ступінь зволоження конструкції залежить від вологісного режиму приміщення, яке вона огороджує.

Розрізняють умови експлуатації огороджувальних конструкцій «А» для приміщень із сухим тепловологісним режимом приміщень і «Б» для приміщень із нормальним, вологим і мокрим режимами приміщень будівель (табл. 1 і 2).

Для приміщень із нормальним тепловологісним режимом експлуатації (житлові, громадські та адміністративні, лікувальні, дитячі навчальні та дошкільні заклади) розрахунковий вміст вологи у матеріалах відповідає умовам експлуатації «Б» (табл. 3).

Таблиця 1

Вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальних конструкціях [1]

Вологісний режим приміщень	Умови експлуатації
Сухий	А
Нормальний	Б
Вологий	Б
Мокрий	Б

Таблиця 2

Тепловологісний режим приміщень будівель [1]

Вологісний режим	Вологість внутрішнього повітря φ_v , %, при температурі t_v		
	$t_v \leq 12^\circ\text{C}$	$12 < t_v \leq 24^\circ\text{C}$	$t_v > 24^\circ\text{C}$
Сухий	$\varphi_v < 60$	$\varphi_v < 50$	$\varphi_v < 40$
Нормальний	$60 \leq \varphi_v \leq 75$	$50 \leq \varphi_v \leq 60$	$40 \leq \varphi_v \leq 50$
Вологий	$75 < \varphi_v$	$60 < \varphi_v \leq 75$	$50 < \varphi_v \leq 60$
Мокрий	–	$75 < \varphi_v$	$60 < \varphi_v$

Таблиця 3

Розрахункові значення температури та вологості повітря приміщень для умов експлуатації «Б» [1]

Призначення будівель	Розрахункова температура внутрішнього повітря t_v , $^\circ\text{C}$	Розрахункове значення відносної вологості φ_v , %
Житлові	20	55
Громадські та адміністративні	20	50...60
Лікувальні та дитячі навчальні заклади	21	50
Дошкільні дитячі заклади	22	50

Таким чином коефіцієнт теплопровідності – це один із найважливіших показників, що характеризує теплозахисні властивості будівельних матеріалів, за

яких визначають їх належність до групи *теплоізоляційних, конструкційно-теплоізоляційних* або *конструкційних матеріалів* (таблиця А.1 додатку А).

Метою теплофізичного розрахунку огорожувальних конструкцій є надання їм необхідних теплозахисних властивостей. Аналізуючи формулу (1) можна дійти висновку, що для зменшення теплового потоку крізь однорідну одношарову огорожувальну конструкцію, необхідно при сталій товщині стінки брати матеріал з нижчим коефіцієнтом теплопровідності, або збільшувати товщину шару стінки. Тоді відношення коефіцієнта теплопровідності до товщини огороження λ/δ можна назвати тепловою провідністю стінки, а величину зворотну δ/λ – термічним опором теплопровідності однорідної огорожувальної конструкції або окремого конструктивного шару. Термічний опір теплопровідності позначається буквою R_{λ} , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Будь-яка зовнішня огорожувальна конструкція складається з декількох шарів різних матеріалів. Кожний шар має свій термічний опір теплопровідності, а тому загальний термічний опір багатошарового огороження складається з термічних опорів кожного шару.

При передачі тепла через огорожувальну конструкцію відбувається зміна температури. При цьому загальний температурний перепад складається з суми декількох температурних перепадів (рис. 2.). Температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції в холодний період року більш низька, ніж температура повітря приміщення. У межах товщини огорожувальної конструкції за умови стаціонарності теплового потоку зміна температури всередині кожного шару відбувається рівномірно за лінійним законом.

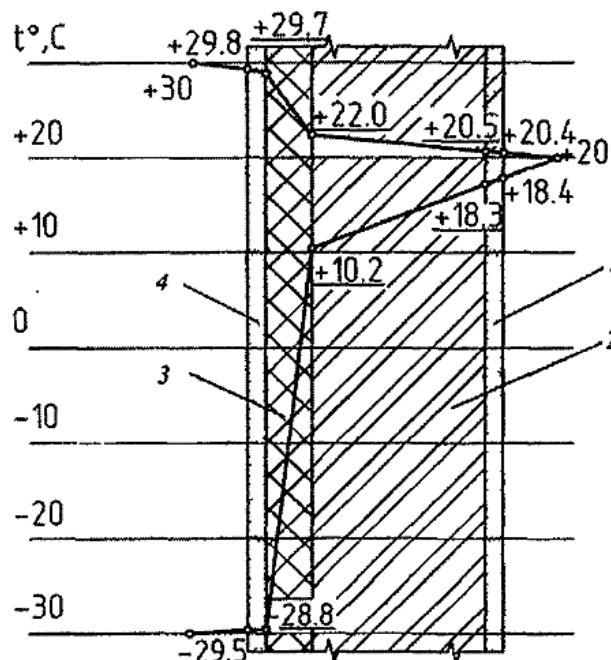


Рис. 2. Розподіл температур у зовнішній чотирьохшаровій стіні в літній (верхня крива) і зимовий (нижня крива) час:

1 - шар внутрішньої штукатурки; 2 - шар цегляної кладки; 3 - шар утеплювача; 4 - шар фасадної штукатурки

Як бачимо з рисунка 2 розподіл температур у багат шаровій огорожувальній конструкції має характер ламаної лінії, відрізки якої проходячи через шари з більш високим термічним опором мають більший кут нахилу до горизонтальної площини. Температура зовнішньої поверхні конструкції завжди трохи вища температури зовнішнього повітря. Кожний із цих температурних перепадів викликаний конкретним термічним опором перенесення теплоти крізь огорожувальну конструкцію: опором тепловіддачі на внутрішній поверхні, R_B , термічним опором теплопровідності шарів конструкції, R_{li} ; опором тепловіддачі на зовнішній поверхні, R_3 . Загальний термічний опір однорідної огорожувальної конструкції, R_Σ , дорівнює сумі окремих опорів: $R_\Sigma = R_B + \sum R_{li} + R_3$.

Опори тепловіддачі залежать: від виду і розташування огорожувальної конструкції в будівлі, наявності та розмірів виступаючих ребер огорожувальних конструкцій, фактури їх поверхонь, умов променистого теплообміну та величини температурного перепаду.

Величини, зворотні опору теплосприйняття і тепловіддачі, тобто $\alpha_B = 1/R_B$ і $\alpha_3 = 1/R_3$ називають коефіцієнтами тепловіддачі.

Коефіцієнт тепловіддачі – це коефіцієнт, який визначає кількість теплоти, що сприймається чи віддається одиницею площі (m^2) огорожувальної конструкції за одиницю часу при різниці температури середовища та температури поверхні конструкції, яка дорівнює 1 К.

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої α_B та зовнішньої α_3 поверхонь огорожувальних конструкцій визначаються за табл. 4.

Таблиця 4

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої α_B та зовнішньої α_3 поверхонь огорожувальних конструкцій [1]

Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/($m^2 \cdot K$)	
	α_B	α_3
Зовнішні стіни, дахи, покриття, перекриття над проїздами плоскі та з ребрами при відношенні висоти ребра h до відстані між гранями b сусідніх ребер		
	8,7	23
	$h/b \leq 0,3$ 7,6 $h/b > 0,3$	23
Перекриття горищ та холодних підвалів	8,7	12
Перекриття над холодними підвалами та технічними поверхнями, що розташовані нижче рівня землі	8,7	6
Вікна, балконні двері, вітражі та світлопрозорі фасадні системи	8,0	23
Зенітні ліхтарі	9,9	23

3. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Опір теплопередачі огороджувальної конструкції - це теплофізична величина, що визначає здатність конструкції чинити опір тепловому потоку, що через неї проходить, прямо пропорційно залежить від товщини будівельних матеріалів та обернено пропорційно залежить від теплопровідності будівельних матеріалів, м² К/Вт.

Опір теплопередачі R_{Σ} , м²·К/Вт, термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції без повітряних прошарків розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = R_B + \sum_{i=1}^n R_{\lambda i} + R_3 = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (5)$$

де R_B – опір тепловіддачі на внутрішній поверхні;

R_3 – опір тепловіддачі на зовнішній поверхні;

α_B, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м² К), які приймаються за табл. 4;

$R_{\lambda i}$ – термічний опір i -го шару конструкції, м² К /Вт;

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м² К), який приймається за таблицею А.1 додатку А.

Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій, світлопрозорих огороджувальних конструкцій та дверей **житлових і громадських будівель** $R_{q \min}$ встановлюється за таблицею 5 залежно від температурної зони території України, в якій передбачається експлуатація будівлі (рис. 3).

Таблиця 5

Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огороджувальної конструкції житлових та громадських будівель $R_{q \min}$

Ч.ч.	Вид огороджувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, м ² ·К/Вт, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові огороджувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалюваних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огороджувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

Примітки. 1. При новому будівництві, реконструкції, що веде до зміни функціонального призначення, житлових або громадських будівель в цілому, чи їх відокремлених частин (за умови їх автономності) при застосуванні системного принципу проектування відповідно до розділу 6 цих норм та ДБН В.1.2-11 допускається застосовувати огорожувальні конструкції із зниженими значеннями приведенного опору теплопередачі до рівня 80 % від R_{qmin} , при цьому повинні виконуватись умови за енергоефективністю [4] при обов'язковому виконанні для цих елементів теплоізоляційної оболонки умов за формулами (7) та (8).

2. При реконструкції, капітальному ремонті визначених проектною документацією частин будівлі, у тому числі з метою термомодернізації, для непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій та зовнішніх дверей в місцях загального користування багатоквартирних житлових і громадських будівель допускається зниження значень приведенного опору теплопередачі до рівня 75 % від R_{qmin} при обов'язковому виконанні умов для цих елементів теплоізоляційної оболонки за формулами (7) та (8).



Рис. 3. Карта-схема температурних зон України [4]

Згідно нормативних вимог для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та споруд, що опалюються та/або охолоджуються, і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 4 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}, \quad (6)$$

$$\Delta\theta_{int-si} \leq \Delta\theta_{int-si,max}, \quad (7)$$

$$\theta_{tb,si,min} > \theta_{si,min}, \quad (8)$$

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

R_{qmin} – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K / Wt$ (таблиця 5);

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

$\Delta\theta_{int-si,max}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції встановлюється залежно від призначення будівлі і виду огорожувальної конструкції згідно з таблицею 6, $^{\circ}C$;

$\theta_{si,tb,min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, $^{\circ}C$;

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

Таблиця 6

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $\Delta\theta_{int-si,max}$, $^{\circ}C$ [4]

Призначення будівлі	Вид огорожувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні)	Покриття та перекриття горищ	Перекриття над проїздами та підвалами
Житлові будинки, дитячі установи, школи, інтернати	4,0	3,0	2,0
Громадські будівлі, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за виключенням приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5
Виробничі будівлі з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будівлі з вологим та мокрим режимом експлуатації	$\theta_{int} - \theta_D$	$0,8 (\theta_{int} - \theta_D)$	
Виробничі будівлі з надлишками тепла (більше $23 Wt/m^3$)	12	12	
Примітка. θ_{int} - розрахункове значення температури внутрішнього повітря, що визначається згідно з таблицею 3.			

Теплова інерція огорожувальної конструкції, D – це безрозмірна величина, що характеризує її властивість затримувати у часі температурні

коливання при проходженні температурної хвилі, та визначається за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_{ip}, \quad (9)$$

де R_i - термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}; \quad (10)$$

δ_i - товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} - теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м² К), що приймається за таблицею А.1 додатка А;

s_{ip} - коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації Вт/(м К), що приймається за таблицею А.1 додатку А;

n - кількість шарів у конструкції за напрямом теплового потоку.

Теплоємність - це властивість матеріалів поглинати тепло при підвищенні температури, показником якої є коефіцієнт теплосасвоєння.

Коефіцієнт теплосасвоєння - це коефіцієнт, який визначає зміну температури матеріалу в конструкції при гармонійній зміні температури зовнішнього середовища з періодом 24 години. Коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу характеризує здатність матеріалу сприймати тепло при коливаннях температури на його поверхні з певним ступенем інтенсивності.

Найбільший коефіцієнт теплосасвоєння мають конструкційні, важкі, теплопровідні матеріали, наприклад: латунь та мідь – $s = 326,0$ Вт/(м²К); сталь – $s = 126,5$ Вт/(м² К); граніт, базальт – $s = 25,04$ Вт/(м² К). Найменший коефіцієнт теплосасвоєння мають легкі теплоізоляційні матеріали з малою теплопровідністю, наприклад: плити на основі волокнистих матеріалів – $s = 0,19... 1,16$ Вт/(м²К); плити на основі полімерних матеріалів – $s = 0,32... 1,18$ Вт/(м² К).

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, зовнішніх дверей та воріт будівель промислового та сільськогосподарського призначення R_{qmin} встановлюють відповідно до таблиці 7 залежно від температурної зони експлуатації будівлі (рис. 3), тепловологісного режиму внутрішнього середовища, що визначають згідно з таблицею 2, і теплової інерції огорожувальних конструкцій D , яка розраховується за формулою (9).

Розглянемо послідовність розрахунку товщини утеплювача та визначення опору теплопередачі зовнішніх непрозорих огорожувальних конструкцій виготовлених з однорідних шарів теплоізоляційних і конструкційних матеріалів.

**Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної
конструкції будівель промислового та сільськогосподарського
призначення R_{qmin}**

Вид огорожувальної конструкції та тепловологісний режим експлуатації будівлі	Значення $R_{q min}$ для температурної зони, м К/Вт	
	I	II
Зовнішні непрозорі стіни будівель: - з сухим і нормальним режимом з конструкціями з: $D > 1,5$	1,70	1,50
$D \leq 1,5$	2,20	2,00
- з вологим і мокрим режимом з конструкціями з: $D > 1,5$	1,80	1,60
$D \leq 1,5$	2,40	2,20
- з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м ³)	0,55	0,45
Покриття та перекриття неопалюваних горищ будівель: - з сухим і нормальним режимом з конструкціями з: $D > 1,5$	1,70	1,60
$D \leq 1,5$	2,20	2,10
- з вологим і мокрим режимом з конструкціями з: $D > 1,5$	1,70	1,60
$D \leq 1,5$	1,90	1,80
- з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м ³)	0,55	0,45
Перекриття над проїздами й неопалюваними підвалами з конструкціями з: $D > 1,5$	1,90	1,80
$D \leq 1,5$	2,40	2,20
Зовнішні двері й ворота будівель: - з сухим і нормальним режимом	0,60	0,55
- з вологим і мокрим режимом	0,75	0,70
- з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м ³)	0,20	0,20
Вікна й zenітні ліхтарі будівель: - із сухим і нормальним режимом	0,45	0,42
- з вологим і мокрим режимом	0,50	0,45
- з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м ³)	0,18	0,18

Приклад. Обчислити товщину утеплювача зовнішньої стіни житлового будинку для міста Запоріжжя. Розміри конструктивних шарів (див. рис. 4), окрім утеплювача, задані попередньо.

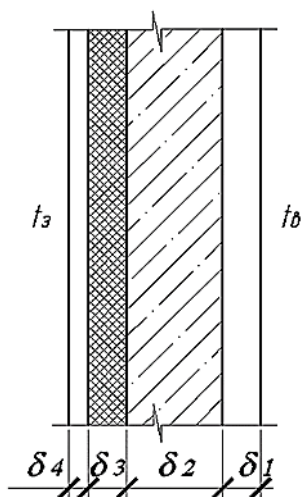


Рис. 4. Конструктивна схема заданої огорожувальної конструкції

Вибір розрахункових даних

Для житлового будинку згідно з таблицею 3 розрахункові значення кліматичних параметрів можуть бути наступними: температура $t_b = 20$ °С, відносна вологість $\varphi_b = 55\%$. Тоді із зазначених умов за таблицею 2 вологісний режим приміщення – нормальний. Умови експлуатації, що встановлюються за таблицею 1, призначаються за літерою «Б». Розрахункові значення коефіцієнтів теплопровідності (λ_{ip}) знаходимо за додатком «А» згідно із густиною матеріалу. Всі розрахункові дані зводимо до таблиці 8.

Таблиця 8

Розрахункові дані

№ шару	Найменування шару	Густина ρ_0 , кг/м ³	Товщина δ , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_{ip} , Вт/(м·К)
1	Внутрішня штукатурка з вапняно-піщаного розчину	1800	0,01	0,93
2	Кладка цегляна з повнотілої глиняної цегли	1800	0,25	0,81
3	Плити з мінеральної вати на синтетичній зв'язуючому негофрованої структури	75	?	0,062
4	Кладка цегляна з повнотілої глиняної цегли	1800	0,12	0,81

Розрахунок

1. Місто Запоріжжя (рис. 3) знаходиться в II-й температурній зоні України. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни (згідно з таблицею 5) становить

$$R_{qmin} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

2. Записуємо формулу (5) опору теплопередачі для даної чотиришарової конструкції

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{1}{\alpha_3}.$$

3. Приймаючи $R_{\Sigma} = R_{qmin}$, знаходимо товщину утеплювача

$$\delta_3 = \left(R_{q\min} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} - \frac{1}{\alpha_3} \right) \cdot \lambda_3,$$

де $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, приймається за таблицею 4 [1],

$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, приймається за таблицею 4.

Тоді

$$\begin{aligned} \delta_3 &= \left(3,5 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,01}{0,93} - \frac{0,25}{0,81} - \frac{0,12}{0,81} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,062 = \\ &= (3,5 - 0,115 - 0,011 - 0,309 - 0,148 - 0,04) \cdot 0,062 = 2,877 \cdot 0,062 = \\ &= 0,178 \text{ м} \end{aligned}$$

4. Згідно з розрахунком можна запропонувати утеплювач товщиною 180 мм.

5. Опір теплопередачі, з урахуванням запропонованої товщини утеплювача, становить

$$\begin{aligned} R_{\Sigma} &= \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,18}{0,062} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{1}{23} \right) = \\ &= 0,115 + 0,011 + 0,309 + 2,95 + 0,148 + 0,04 = 3,57 \text{ м}^2 \text{К}/\text{Вт}. \end{aligned}$$

6. Умова (6) $R_{\Sigma\text{пр}} = 3,57 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \geq R_{q\min} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ виконується.

4. ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ НЕОДНОРІДНИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Передача тепла взимку через плоску однорідну огороджувальну конструкцію відбувається в одному напрямі від внутрішньої до зовнішньої поверхні. Реальні огороджувальні конструкції будівель досить неоднорідні, тому що мають кути, прорізи, стики різних елементів тощо. Неоднорідність огороджувальних конструкцій може обумовлюватися геометрією поверхонь огорожень, конструктивними рішеннями та матеріалами. Розподіл температур на неоднорідних ділянках більш складний, тому що можлива передача тепла від одного перерізу конструкції до інших суміжних перерізів. У результаті тепло розповсюджується у двох або трьох напрямках, що сприяє збільшенню тепловіддачі.

Неоднорідності, обумовлені геометрією огороджувальних конструкцій, мають місце в кутах будівель, у карнизах і парапетах покриттів, у виступаючих звисаннях будівель, у примиканнях еркерів і балконів тощо. При дослідженні розподілу температур в зовнішньому куті стіни встановлено, що температура на внутрішній поверхні кута нижче температури поверхні ділянки стіни, віддаленої від кута. Причиною такого зниження є: нерівність площ теплосприйняття і тепловіддачі, яка витікає з геометричної форми кута (перша площа значно менше другої); зміна коефіцієнту теплосприйняття α_B на внутрішній поверхні зовнішнього кута внаслідок зменшення променевого теплообміну і послаблення

конвекційних потоків повітря.

Зниження температур на внутрішній поверхні огорожувальних конструкцій та збільшення тепловіддачі має місце також на ділянках, які виготовлені з більш теплопровідних матеріалів. У якості теплопровідних включень можуть бути: колони, стіни, балки і перекриття в каркасно-монолітних будівлях; спирання плит перекриттів, перемички та жорсткі зв'язки в цегляних будівлях; стики стінових панелей в панельних і каркасно-панельних будівлях тощо.

Наближений теплофізичний розрахунок неоднорідних огорожувальних конструкцій складається з визначення приведеної величини термічного опору за значеннями термічних опорів окремих ділянок огороження. Внаслідок різної теплопровідності окремих елементів в неоднорідних конструкціях основний напрям потоку тепла викривляється, а тому теплотехнічний розрахунок зводиться до побудови температурного поля у товщі огорожувальної конструкції.

Приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{j=1}^m \frac{R_j \cdot F_j}{F_{\Sigma}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (11)$$

де R_j - термічний опір термічно однорідної зони, що визначається експериментально або на підставі результатів розрахунків двовимірного (тримірного) температурного поля та розраховується за формулою:

$$R_j = \frac{\tau_{\text{в}j} - \tau_{\text{з}j}}{q_j}, \quad (12)$$

де $\tau_{\text{в}j}, \tau_{\text{з}j}$, - середні температури внутрішньої та зовнішньої поверхонь термічно однорідної зони, °С, відповідно;

q_j - інтенсивність теплового потоку, що проходить через термічно однорідну зону, Вт/м²;

F_j - площа j -ї термічно однорідної зони, м²;

F_{Σ} - площа огорожувальної конструкції, м²;

m - кількість однорідних зон у конструкції.

Послідовність визначення приведеного опору теплопередачі зовнішнього огороження з декількома термічно однорідними зонами розглянемо на прикладі.

Приклад. Обчислити приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції. Схему огороження наведено на рис. 5. На підставі експериментів виявлено три термічно однорідні зони, що мають термічні опори $R_1 = 2,0$; $R_2 = 1,5$; $R_3 = 3,0$ м²К/Вт і відповідно площі $F_1 = 1$, $F_2 = 1,5$ і $F_3 = 9,5$ м².

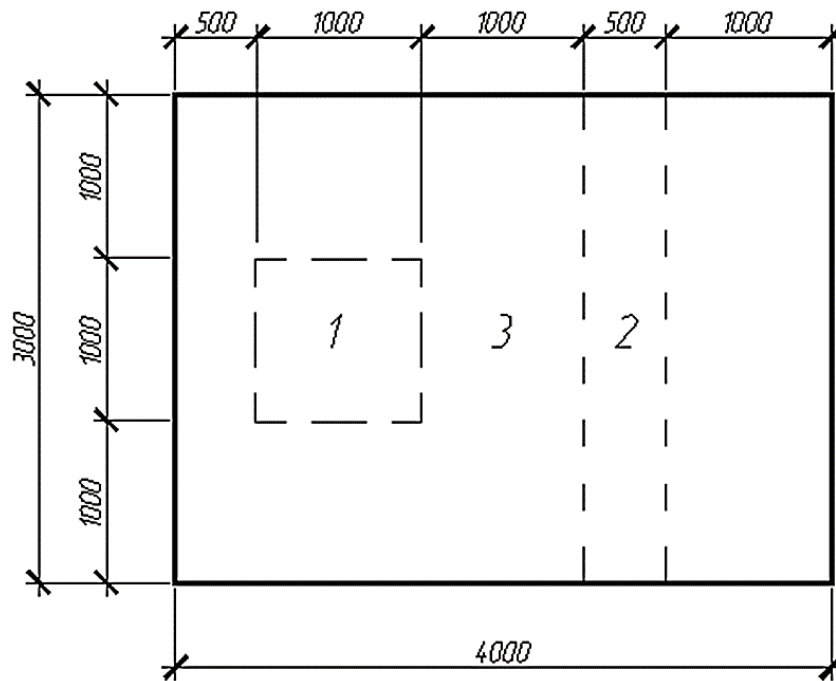


Рис. 5. Розрахункова схема зовнішньої стіни з термічно неоднорідними зонами

Розрахунок

Знаходимо приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції, скориставшись формулою (11)

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{j=1}^m \frac{R_j \cdot F_j}{F_{\Sigma}} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{8,7} + \frac{2 \cdot 1 + 1,5 \cdot 1,5 + 3 \cdot 9,5}{12} + \frac{1}{23} = 2,88 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Порівняємо отриману величину приведенного опору теплопередачі з мінімальними допустимими значеннями для II температурної зони, наведеними в таблиці 5.

Нормативна вимога (6) $R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$ не виконується для жодної термічно однорідної зони, оскільки $R_{\Sigma пр} = 2,88 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{qmin} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Висновок: Для забезпечення виконання нормативних вимог щодо енергоефективності, задана термічно неоднорідна огорожувальна конструкція потребує монтажу додаткового шару утеплювача. Товщину шару можна визначити розрахунком.

5. РОЗРАХУНОК ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОГОРОДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕНИМИ ЗНАЧЕННЯМИ ЛІНІЙНОГО КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ

Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення показує, яка кількість теплоти Q , Дж, проходить через 1 м довжини теплопровідного включення за 1 с при різниці температури обох поверхонь 1К. Він розраховується або визначається експериментально. У додатку «И» (таблиця И.3) [1] наводяться значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі k для деяких найбільш типових вузлів сполучення огорожувальних конструкцій.

Для конструкцій з визначеними за [1] значеннями лінійного коефіцієнта

теплопередачі теплопровідних включень k_j , Вт/(м·К) приведений опір теплопередачі розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{j=1}^{m_1} \frac{F_j}{R_{\Sigma j}} + \sum_{j=1}^{m_2} k_j \cdot L_j}, \quad (13)$$

де F_{Σ} - площа огорожувальної конструкції, м²;

F_j - площа j -го термічно однорідного масиву огорожувальної конструкції без врахування теплопровідних включень, м²;

$R_{\Sigma j}$ - опір теплопередачі j -го однорідного масиву, м²·К/Вт;

m_1 - кількість термічно однорідних масивів;

k_j - лінійний коефіцієнт теплопередачі j -го теплопровідного включення, Вт/(м·К);

L_j - лінійний розмір, м, j -го теплопровідного включення за внутрішньою поверхнею термічно неоднорідної огорожувальної конструкції;

m_2 - кількість теплопровідних включень.

Послідовність розрахунку приведенного опору теплопередачі огороження з визначеними значеннями лінійного коефіцієнта теплопередачі теплопровідних включень покажемо на прикладі.

Приклад. Обчислити приведений опір теплопередачі зовнішньої стіни (див. рис. 6), на ділянці висотою 3 м та шириною 4 м. В середині стіни знаходиться однорідна зона (1) площею $F_1 = 2 \text{ м}^2$ та термічним опором $R_1 = 2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Основна частина стіни (2) має термічний опір $R_2 = 3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. По периметру стіни знаходиться теплопровідне включення (3) шириною 100 мм з лінійним коефіцієнтом теплопередачі теплопровідного включення $k = 0,25 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Значення опорів теплопередачі та лінійного коефіцієнта виявлено на підставі теплофізичних експериментів в кліматичній камері.

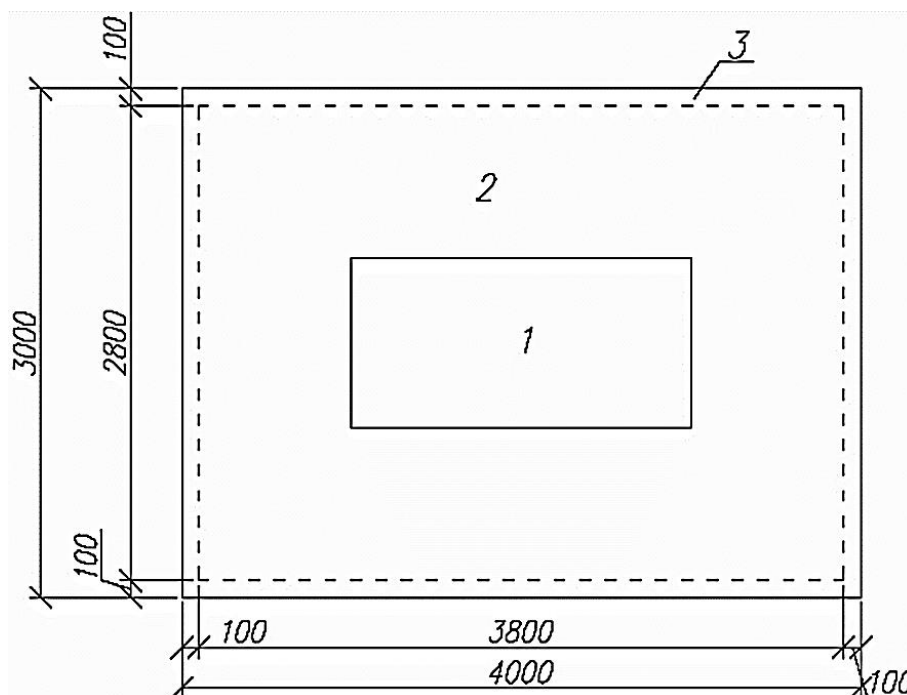


Рис. 6. Розрахункова схема зовнішньої стіни з визначеними значеннями лінійного коефіцієнта теплопередачі теплопровідного включення

Розрахунок

1. Знаходимо площу ділянки під номером 2

$$F_2 = 3,8 \cdot 2,8 - 2 = 8,64 \text{ м}^2.$$

2. Знаходимо лінійний розмір теплопровідного включення, який може бути знайдений по осьовій лінії як

$$L = (4 - 0,1) \cdot 2 + (3 - 0,1) \cdot 2 = 7,8 + 5,8 = 13,6 \text{ м.}$$

3. Знаходимо опори теплопередачі однорідних зон:

$$R_{\Sigma 1} = 1/8,7 + 2 + 1/23 = 2,155 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma 2} = 1/8,7 + 3 + 1/23 = 3,155 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

4. Знаходимо приведений опір огорожувальної конструкції за формулою (13):

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{j=1}^{m1} \frac{F_j}{R_{\Sigma j}} + \sum_{j=1}^{m2} k_j \cdot L_j} = \frac{3 \cdot 4}{\frac{2}{2,155} + \frac{8,64}{3,155} + 0,25 \cdot 13,6} = 1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Отже теплопровідне включення 3, що розміщено по периметру стіни (рис. 6) помітно знижує приведений опір теплопередачі. Конструкція без теплопровідного включення по периметру має термічний опір значно вищий

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{j=1}^m \frac{F_j}{R_{\Sigma j}}} = \frac{12}{\frac{2}{2,155} + \frac{10}{3,155}} = 2,93 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Мінімальна допустима температура внутрішньої поверхні t_{\min} непрозорих огорожувальних конструкцій у зонах теплопровідних включень, у кутах та укосах віконних і дверних прорізів повинна бути не менше, ніж температура точки роси t_p , яку можна визначити за розрахунковими значеннями температури та відносної вологості внутрішнього повітря в приміщенні за додатком «В».

Мінімальна допустима температура на внутрішній поверхні t_{\min} світлопрозорих огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель, включаючи стулки, коробки, імпости та зони дистанційних рамок повинна бути не менше ніж 4°C , а для виробничих будівель – не менше ніж 0°C .

При проектуванні огорожувальних конструкцій будівель негативний вплив теплопровідних включень можна усунути направленою теплоізоляцією (див. додаток Г). Зовнішнє утеплення огорожувальних конструкцій з боку фасадів унеможливорює також появу конденсату на ділянках теплопровідних включень.

6. РОЗРАХУНОК ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ СВІТЛОПРОЗОРИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Приведений опір теплопередачі *світлопрозорих огорожувальних конструкцій* визначається за формулою:

$$R_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{СП}} + \sum_{i=1}^n F_i}{\frac{F_{\text{СП}}}{R_{\Sigma \text{СП}}} + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j \cdot L_j}, \quad (14)$$

де $R_{\Sigma \text{СП}}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорої ділянки, що приймається залежно від характеристик скління (склопакетів) – відстані між шарами скла, виду газонаповнення та ступеня чорноти поверхні скла згідно з таблицею М.1 [1];

$F_{\text{СП}}$ – площа світлопрозорої частини, м²;

$R_{\Sigma i}, F_i$, - опір теплопередачі та площа i -го непрозорого елемента;

n – кількість непрозорих елементів конструкції з певними значеннями $R_{\Sigma i}, F_i$;

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), j -го теплопровідного включення, який визначають згідно И.4 [1] на підставі розрахунків двовірних (тривірних) температурних полів або згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-146;

L_j – лінійний розмір, м, j -го конструктивного непрозорого елемента світлопрозорої конструкції;

m – кількість непрозорих елементів конструкції, для яких необхідно визначати k_j .

Послідовність визначення приведенного опору теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій проілюструємо на прикладі.

Приклад. Обчислити приведений опір теплопередачі світлопрозорого огородження. Розрахункова схема наведена на рисунку 7. Конструкція складається з двох склопакетів (1) з варіантом скління 4М₁-16-4і; непрозорої частини (2) з $R_{\Sigma} = 0,72$ м²·К/Вт, та стиком вікна зі стіною (3) з лінійним коефіцієнтом теплопередачі $k = 0,1$ Вт/(м·К).

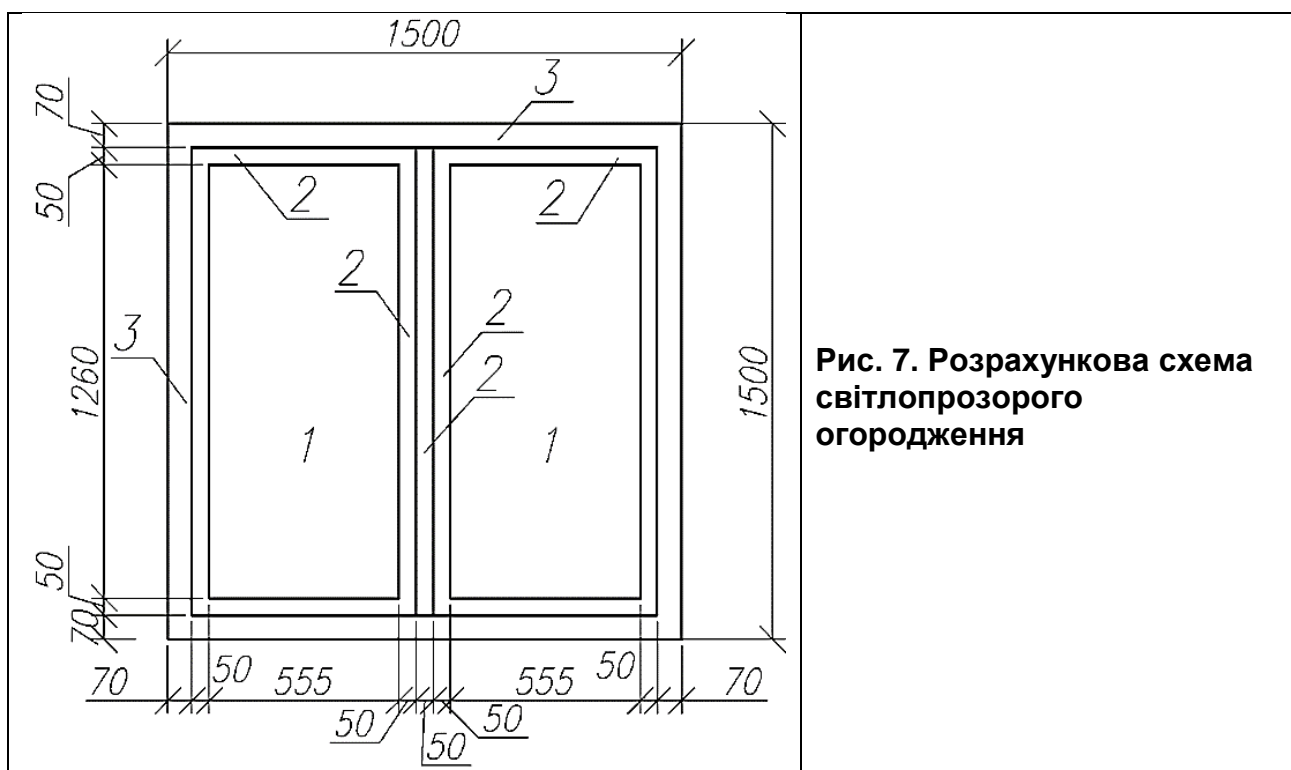


Рис. 7. Розрахункова схема світлопрозорого огородження

Розрахунок

1. Знаходимо площі склопакетів

$$F_{\text{сп}} = 0,555 \cdot 1,26 \cdot 2 = 1,3986 \text{ м}^2.$$

2. Знаходимо площу непрозорої частини

$$F_{\text{нп}} = 0,05 \cdot (1,26 + 2 \cdot 0,05) \cdot 5 + 0,05 \cdot 0,555 \cdot 2 \cdot 4 = 0,034 + 0,111 = 0,451 \text{ м}^2.$$

3. Знаходимо лінійний розмір стику вікна зі стіною

$$L = (1,5 - 0,07) \cdot 2 + (1,5 - 0,07) \cdot 2 = 5,72 \text{ м}.$$

4. За таблицю М1 [1] для прийнятого склопакета знаходимо приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma\text{сп}} = 0,59 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

5. Знаходимо приведений опір для віконного заповнення за формулою (14)

$$R_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{сп}} + \sum_{i=1}^n F_i}{\frac{F_{\text{сп}}}{R_{\Sigma\text{сп}}} + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j \cdot L_j} = \frac{1,3986 + 0,451}{\frac{1,3986}{0,59} + \frac{0,451}{0,72} + 0,1 \cdot 5,72} = 0,52 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

7. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОЗАСВОЄННЯ ПІДЛОГИ

Інтенсивний теплообмін між підошвами ніг людини та холодною підлогою порушує комфортні умови перебування людей у приміщеннях будівель. Із збільшенням показників теплозасвоєння підлоги збільшується теплообмін, а тому для поверхонь підлог житлових і нежитлових будівель з постійними робочими місцями обов'язковим є виконання умови:

$$Y_{\text{п}} \leq Y_{\text{макс п}}, \quad (15)$$

де $Y_{\text{п}}$ – показник теплозасвоєння підлоги, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{К})$;

$Y_{\text{макс п}}$ – максимальне допустиме значення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, що встановлюється згідно з таблицею 9, у залежності від призначення будівлі.

Таблиця 9

Максимальні допустимі значення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги [1]

Призначення будівлі	Значення $Y_{\text{макс п}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$
1. Житлові будинки, дошкільні, лікувальні та дитячі навчальні заклади	12
2. Громадські та адміністративні будівлі	14
3. Ділянки із постійними робочими місцями в опалювальних приміщеннях промислових будівель	17

При розрахунках теплозасвоєння поверхні підлоги змінний тепловий потік від контакту людини з підлогою спрямований в напрямку від внутрішньої поверхні огороження назовні. Тому теплозасвоєння поверхні підлоги буде залежати, в основному, від коефіцієнтів теплозасвоєння матеріалів, які

знаходяться у шарі різких коливань температури із внутрішнього боку огороження. Враховуючи те, що нога людини не залишається довгий час на одному місці підлоги, а постійно змінює своє положення, періоди коливань теплового потоку досить короткочасні. При цьому шар різких коливань має незначну товщину і обмежений частиною підлоги від внутрішньої поверхні до площини, де теплова інерція $D = 0,5$. Виходячи з цього і визначається кількість шарів підлоги n , які слід враховувати при розрахунках її теплосвоєння.

Якщо теплова інерція покриття (першого шару) підлоги:

$$D_1 \geq 0,5, \quad (16)$$

то $n = 1$.

Якщо умова (16) не виконується, то послідовно розраховуються значення сумарної теплової інерції n перших шарів підлоги, доки не буде виконуватися умова:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n D_i < 0,5; \\ \sum_{i=1}^{n+1} D_i \geq 0,5, \end{cases} \quad (17)$$

де D_i – теплова інерція i -го шару конструкції підлоги; n - кількість шарів підлоги, що визначається.

При $n = 1$ показник теплосвоєння підлоги Y_{Π} , Вт/(м² К), визначається за формулою:

$$Y_{\Pi} = 2s_1. \quad (18)$$

Якщо $n > 1$, то Y_{Π} визначається послідовним розрахунком показників теплосвоєння поверхонь шарів конструкції, починаючи з n -го до 1-го:

для n -го шару - за формулою

$$Y_n = \frac{2R_n \cdot s_n^2 + s_{n+1}}{0,5 + R_n \cdot s_{n+1}}; \quad (19)$$

для i -го шару ($i = n - 1, n - 2, \dots, 1$) – за формулою

$$Y_i = \frac{4R_i \cdot s_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i \cdot Y_{i+1}}. \quad (20)$$

Показник теплосвоєння поверхні підлоги Y_{Π} дорівнює показнику теплосвоєння поверхні 1-го шару.

У формулах (18).. (20):

R_i, R_n - термічні опори i -го та n -го шарів конструкції підлоги, м²·К/Вт;

s_1, s_i, s_n, s_{n+1} - розрахункові коефіцієнти теплосвоєння матеріалу 1-го, i -го, n -го, $(n+1)$ -го шарів конструкції підлоги, Вт/(м²·К);

Y_{i+1} -показник теплосвоєння поверхні $(i+1)$ -го шару конструкції підлоги, Вт/(м²·К).

Якщо за результатами розрахунків умова $Y_{\Pi} \leq Y_{\max \Pi}$ не виконується, тоді

необхідно вжити заходів для зниження величини теплосвоєння поверхні підлоги.

Два приклади перевірконого розрахунку теплостійкості підлоги житлового приміщення наведено нижче.

Приклад 1. Перевірити підлогу житлового будинку щодо вимог теплостійкості. Конструкцією чистої підлоги є паркет з дубу товщиною 25 мм.

Розрахунок

1. Згідно з таблицею А.1 додатка А, коефіцієнт теплопровідності дубового паркету поперек волокон, за умов експлуатації «Б», становить $\lambda = 0,23 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

2. Згідно з таблицею А.1 додатка А, коефіцієнт теплосвоєння дубового паркету поперек волокон, за умов експлуатації «А», становить $s = 5,0 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$

3. Теплова інерція паркетної дошки за формулою (9) становить

$$D_1 = R \cdot s = (\delta/\lambda) \cdot s = (0,025/0,23) \cdot 5,0 = 0,54$$

4. Знаходимо показник теплосвоєння поверхні підлоги, оскільки $D_1 = 0,54 > 0,5$, тоді

$$Y_n = 2 \cdot s_1 = 2 \cdot 5,0 = 10,0 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

5. Згідно з таблицею 9 [1] нормативна величина теплостійкості поверхні підлоги становить $Y_{\text{maxп}} = 12 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$. За результатами розрахунків $Y_n = 10,0 < Y_{\text{maxп}} = 12,0 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, то підлога задовольняє вимогам теплостійкості.

Приклад 2. Перевірити підлогу житлового будинку, що складається з верхнього шару лінолеуму, застеленого на шар цементно-піщаної стяжки по шару ніздрюватого бетону залитого на залізобетонну плиту перекриття щодо вимоги теплостійкості. Конструкція наведена на рис. 8. Розрахункові фізичні та теплотехнічні характеристики матеріалів підлоги зведені до таблиці 10. Термічний опір R_i кожного шару визначали за формулою (10). Теплову інерцію шарів – за формулою (9).

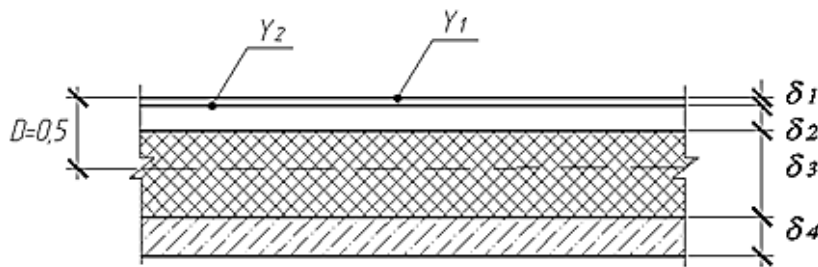


Рис.8. Схема конструкції підлоги

Таблиця 10

Вихідні дані для розрахунку

№ шару	Найменування шару	Густина ρ_i , кг/м ³	Товщина δ_i , м	Теплопровідність λ_i , Вт/(м·К)	Теплосвоєння s_i , Вт/(м ² ·К)	Термічний опір R_i , м ² ·К/Вт	Теплова інерція D_i
1.	Лінолеум	1400	0,005	0,23	5,87	0,022	0,13
2.	Цементно-піщаний розчин	1600	0,025	0,81	8,69	0,031	0,27
3.	Ніздрюватий бетон	200	0,05	0,074	1,01	0,68	0,69
4.	Залізобетонна плита	2500	0,22	2,04	17,98	0,10	1,94

Розрахунок

1. Тому що $D_1 + D_2 = 0,13 + 0,27 = 0,4 < 0,5$, але

$D_1 + D_2 + D_3 = 0,13 + 0,27 + 0,69 = 1,01 > 0,5$, то за формулою (19), знаходимо спочатку показник теплосасвоєння Y_2 для зовнішньої поверхні цементно-піщаної стяжки

$$Y_2 = \frac{2R_2 \cdot s_2^2 + s_3}{0,5 + R_2 \cdot s_3} = \frac{2 \cdot 0,031 \cdot 8,69^2 + 1,01}{0,5 + 0,031 \cdot 1,01} = 10,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

2. Для поверхні підлоги показник теплосасвоєння знаходимо за формулою (20), враховуючи що $Y_1 = Y_n$,

$$Y_n = Y_1 = \frac{4R_1 \cdot s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 \cdot Y_2} = \frac{4 \cdot 0,022 \cdot 5,87^2 + 10,7}{1 + 0,022 \cdot 10,7} = 11,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

3. Згідно з таблицею 9 нормативна величина теплостійкості поверхні підлоги становить $Y_{\text{макс}} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Таким чином, запропонована конструкція відповідає нормативним вимогам, тому що $Y_n = 11,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) < Y_{\text{макс}} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

При проектуванні підлог треба дотримуватися наступних рекомендацій:

1. Вирішальне значення для теплосасвоєння підлоги має коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу покриття підлоги. Залежно від величини цього коефіцієнта, підлоги поділяють на **теплі** та **холодні**. До теплих відносяться підлоги з малим коефіцієнтом теплосасвоєння матеріалу покриття: килимові, лінолеумні, дощаті, паркетні тощо. До холодних – підлоги з великими показниками теплосасвоєння матеріалу покриття: кам'яні, мозаїчні, наливні, керамічні тощо.

2. **Теплі підлоги** рекомендується проектувати в приміщеннях будівель, що зводяться у II і III кліматичних районах України [2] із помірним та теплим кліматом, а холодні підлоги – у IV кліматичному районі з жарким кліматом.

3. **Підлоги в приміщеннях**, які розташовані над проїздами та перекриттями, необхідно утеплювати так щоб перепад між температурами внутрішнього повітря та поверхні підлоги був не більше: $2 \text{ }^\circ\text{C}$ – для житлових будинків, дитячих установ, шкіл та інтернатів і $2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ – для інших будівель.

4. **Холодні підлоги з підігрівом** доцільно використовувати в деяких приміщеннях будівель II та III кліматичних районів України, наприклад, санітарних вузлах, саунах, верандах, коридорах тощо. Для забезпечення теплового комфорту у бетонному шарі таких підлог між утеплювачем і верхнім покриттям укладають нагрівальні елементи у вигляді змійовиків, які обіймають необхідну поверхню підлоги. Для опалення можуть використовуватися як рідинні теплоносії, так і електричний струм. Таку систему обладнують терморегуляторами, що дають змогу регулювати температуру поверхні підлоги та повітря в приміщеннях.

8. ОЦІНКА ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Вологісний стан огороджувальних конструкцій впливає на їх теплозахисні властивості, тому що теплопровідність зволжених матеріалів більша, а опір теплопередачі конструкції менший. Від вологісного стану матеріалу залежить довговічність конструкцій. Зволожені огороджувальні конструкції швидко руйнуються від морозу, а тому до них висувають вимоги щодо морозостійкості.

Морозостійкість - це здатність матеріалу витримувати у водонасиченому стані багаторазове наперемінне заморожування та відтавання без суттєвих втрат міцності та маси.

Під дією мінусових температур вода у великих порах матеріалів замерзає та перетворюється на лід із збільшенням об'єму приблизно на 9%. При цьому в матеріалі з'являються внутрішні напруження, які можуть спричинити до його руйнування.

Пористість - це ступінь заповнення об'єму матеріалу порами, яка виражається у відсотках, %. Вона коливається у широких межах: скло, алюміній, сталь – 0%; граніт, ліпарит – 0,2...0,8%; важкий бетон – 5...20%; легкий бетон – 35...85%; цегла керамічна – 30.. .40%; поропласти – 85.. .95%.

Водопоглинання - це властивість матеріалу вбирати та утримувати в собі воду, що характеризується ступенем наповненості пор водою при насиченні, тобто відношенням об'єму поглинутої води до загального об'єму матеріалу в природному стані W_0 , %.

Вода, що замерзає у відносно великих порах матеріалу, під тиском утвореного льоду проникає у дрібні пори і капіляри, в яких вона не замерзає навіть при температурі, значно нижчій від 0°C, і відповідно не викликає такого швидкого руйнування матеріалу, що має місце при утворенні льоду. Таким чином, матеріали з переважно великими порами мають меншу морозостійкість, ніж матеріали, які поряд із великими порами мають, сполучені з ними, дрібні пори [6]. Найбільш морозостійкими є щільні матеріали з низьким водопоглинанням, однорідні за структурою й такі, що мають високий коефіцієнт розм'якшення (водостійкості).

Водостійкість – це здатність матеріалу зберігати фізико-механічні властивості у насиченому водою стані, характеризується коефіцієнтом розм'якшення K_p , який визначається за формулою:

$$K_p = \frac{R_n}{R_c}, \quad (21)$$

де R_n - міцність матеріалу насиченого водою, МПа;

R_c - міцність матеріалу в сухому стані, МПа.

Деякі матеріали при зволоженні втрачають міцність і деформуються, наприклад цегла-сирець, яка має $K_p=0$. Такі матеріали як скло, сталь, алюміній, не змінюють своєї міцності при зволоженні ($K_p=1$), а цементний бетон може навіть підвищувати її. Водостійкими вважаються будівельні матеріали з коефіцієнтом розм'якшення понад 0,8.

Регулювання морозостійкості матеріалів можливе за рахунок зміни їх

капілярно-пористої структури в процесі виготовлення та застосування поверхневоактивних речовин (ПАР). Коефіцієнт розм'якшення морозостійких матеріалів огороджувальних конструкцій має бути не нижчим 0,9.

Марка за морозостійкістю F - це число циклів наперемінного заморожування та відтавання будівельних виробів або зразків із матеріалів у насиченому водою стані при збереженні ними початкових фізичних і фізико-механічних властивостей у нормованих межах.

Залежно від призначення, до матеріалів висувають різні вимоги щодо морозостійкості. Так, рядова цегла повинна мати марку не менше $F15$, облицювальна - не менше $F25$, облицювальні вироби з граніту, габро, базальту - не менше $F50$, бетон гідротехнічних споруд - не менше $F200$.

Причиною підвищеного зволоження конструкції у перший період її служби може бути наявність будівельної вологи, наприклад, вологи розчину при кладці цегляних стін. У подальшому, зволоження конструкцій здійснюється вологою внутрішнього повітря або атмосферною вологою. Підвищене зволоження огороджувальних конструкцій може стати причиною ще більш інтенсивного зволоження внаслідок активізації конденсаційних і дифузійних процесів. Тому при проектуванні конструкцій, важливо правильно оцінити її вологісний режим в умовах експлуатації будівлі. Такий режим залежить від вологості середовища, в якому знаходиться конструкція.

Атмосферне повітря завжди містить в собі деяку кількість вологи у вигляді водяної пари. Щоб виразити ступінь насичення повітря вологою, вводиться поняття відносної вологості повітря φ , %, яку визначають за формулою:

$$\varphi = \frac{e}{E} \cdot 100\%, \quad (22)$$

де e – дійсна пружність водяної пари, Па;

E – максимальна пружність водяної пари, що відповідає температурі повітря та його атмосферному тиску, Па.

При фіксованому атмосферному тиску максимальна пружність водяної пари залежить тільки від температури повітря. Якщо в замкнутому приміщенні з температурою t_v і вологістю φ_v знижується температура, то пружність водяної пари e не змінюється, а максимальна пружність E зменшується і при деякій температурі τ_p буде дорівнювати e . Цю температуру τ_p , називають **точкою роси**.

Оскільки, у холодний період року в будівлях, що опалюються, температура поверхні зовнішніх огороджувальних конструкцій з боку приміщень, зазвичай, нижче температури повітря приміщень необхідно забезпечити на поверхні огороджувальних конструкцій температуру вище температури точки роси, τ_p .

Для визначення температури точки роси τ_p в приміщеннях можна користуватися таблицею додатку «В». За значенням температури внутрішнього повітря в приміщенні визначають максимальну пружність водяної пари. Наприклад, для житлових будинків при $t_v = +20^\circ\text{C}$ максимальна пружність буде дорівнювати $E = 2338$ Па (таблиця Б.2 додатку «Б»).

Пружність водяної пари в приміщенні визначається за формулою:

$$e = \frac{\varphi_B \cdot E}{100}, \quad (23)$$

де φ_B - відносна вологість внутрішнього повітря, %, розрахункове значення якого для житлових будинків дорівнює 55%.

Таким чином, пружність водяної пари в приміщенні житлових будинків при $t_B = +20$ С і $\varphi_B = 55\%$ буде дорівнювати

$$e = \frac{55 \cdot 2338}{100} = 1285,9 \text{ Па},$$

а точка роси за Додатком «В» – $\tau_p = +10,7^\circ\text{C}$.

Конденсат на площині внутрішньої поверхні зовнішньої огорожувальної конструкції буде утворюватися, якщо температура її внутрішньої поверхні буде менше або дорівнювати температурі точки роси:

$$\tau_B \leq \tau_p \quad (24)$$

де τ_B - температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $^\circ\text{C}$;
 τ_p - точка роси в приміщенні, $^\circ\text{C}$.

За характером взаємодії з водою тверді будівельні матеріали поділяють на змочувальні (гідрофільні), до яких відносяться деревина, гіпс, силікатна цегла, ніздрюваті бетони тощо, та на незмочувальні (гідрофобні), до яких відносяться бітуми, смоли, азбест, асфальт тощо.

Для більшості будівельних матеріалів характерна капілярно-пориста структура, особливості якої разом із ступенем змочування визначає характер взаємодії матеріалу з вологою при перебуванні його у повітряно-зволоженому середовищі або при контакті з водою. У результаті такої взаємодії змінюються фізико-механічні властивості будівельних матеріалів, виробів з них і окремих конструкцій будівель.

Приклад. Встановити можливість конденсації вологи на внутрішній поверхні стіни, а також відносну вологість внутрішнього повітря, при якій може відбутися конденсація вологи.

Початкові дані: відносна вологість внутрішнього повітря $\varphi_B = 50$ %; температура повітря $t_B = 22$ $^\circ\text{C}$; мінімальна температура на внутрішній поверхні $\tau_{B \text{ min}} = 16$ $^\circ\text{C}$.

Розрахунок

1. За Додатком «Б» знаходимо максимальну пружність водяної пари, яка відповідає температурі $t_B = 22$ $^\circ\text{C}$,

$$E_{t_B=22^\circ\text{C}} = 2644 \text{ Па}$$

2. З формули відносної вологості (22) знаходимо дійсну пружність водяної пари

$$e = \frac{\varphi_B \cdot E_{t_B=22^\circ\text{C}}}{100} = \frac{50 \cdot 2644}{100} = 1322 \text{ Па}$$

3. За таблицею Б.2 Додатка «Б», приймаючи $E = e = 1322$ Па, знаходимо значення температури точки роси

$$\tau_p = 11,12 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Висновком цього розрахунку є те, що при даних умовах, оскільки $\tau_{B \text{ min}} > \tau_p$,

конденсату на поверхні не передбачається.

Але конденсат може утворитися, якщо відносна вологість повітря буде підвищуватися і досягне такого рівня, коли температура внутрішньої поверхні стане точкою роси.

4. Спочатку за таблицю Б.2. Додатку «Б» знаходимо пружність водяної пари, яка відповідає температурі на внутрішній поверхні

$$E_{t_B=16^\circ\text{C}} = 1817 \text{ Па}$$

5. Знаходимо відносну вологість, при якій на внутрішній поверхні може випасти конденсат

$$\varphi = \frac{E_{t_B=16^\circ\text{C}}}{E_{t_B=22^\circ\text{C}}} \cdot 100\% = \frac{1817}{2644} \cdot 100\% = 68,7\%.$$

Волога, що поглинається пористим матеріалом із навколишнього повітря, називається **сорбційною** або **гігроскопічною**. При плюсових температурах із зниженням температури та збільшенням відносної вологості повітря поглинання матеріалом сорбційної вологи збільшується.

Кількість сорбційної вологи, поглинутої одиницею маси матеріалу при визначеній температурі та відносній вологості навколишнього повітря, залежить від фізичної структури, хімічного складу і ступеня змочування поверхні матеріалу вологою. Зволоження матеріалу при сталій рівновазі процесів зволоження з навколишнім середовищем називається ваговою або рівноважною вологістю w та визначається за формулою:

$$w = \frac{P_c - P_B}{P_c} \cdot 100\%, \quad (25)$$

де P_c - вага абсолютно сухого зразка матеріалу (після сушильної шафи), кг;

P_B - вага зразка матеріалу, що знаходиться в природному повітряному середовищі, кг.

Особливості поглинання сорбційної вологи будівельними матеріалами, які знаходяться у повітряному середовищі з постійною температурою та послідовно зростаючою відносною вологістю, виражаються **ізотермами сорбції**.

Для матеріалів, які добре змочуються вологою (деревина, торфоізоляційні плити, фіброліт), верхня межа сорбційного насичення може складати 26...30% ваги матеріалу. Неорганічні матеріали, що не утримують гігроскопічних домішок (легкі та ніздрюваті бетони) можуть мати максимальне сорбційне зволоження 4... 13%.

Для матеріалів, які не змочуються вологою (асфальт, бітуми), процес капілярної конденсації нехарактерний, а верхня межа сорбційного насичення може складати 0,2... 2%.

Проміжне положення займають будівельні матеріали з обмеженою змочуваністю (випалена цегла, піноскло, цементний камінь). Такий же характер ізотерм мають дуже щільні, хоча й більш змочувальні матеріали (вапняки, силікатна цегла). Верхня межа сорбційного насичення таких матеріалів складає 0,5...5%.

Від сорбційних властивостей будівельних матеріалів залежить кількість вологи, необхідна для зволоження повітряно-сухого матеріалу до повного сорбційного насичення, яке є допустимою верхньою межею зволоження конструкцій будівель.

Зволоження огорожувальних конструкцій відбувається через те, що взимку температура внутрішнього повітря значно вища від температури зовнішнього повітря, а тому максимальна пружність водяної пари з внутрішнього боку огорожувальної конструкції значно вища, ніж із зовнішнього. Внаслідок цього, відбувається дифузія водяної пари через огорожувальні конструкції: взимку із середини приміщень назовні, яка приводить до зволоження огорожень, а влітку в зворотному напрямку, яка сприяє випаровуванню накопиченої вологи. Літній процес відбувається значно повільніше внаслідок меншої різниці температур зовнішнього та внутрішнього повітря.

Метою розрахунку вологісного стану огорожувальної конструкції є надання їй необхідних якостей, що гарантують відсутність конденсації вологи в її товщі взимку або відсутність накопичення вологи з роками.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будівель обов'язкове виконання умови:

$$\Delta w < \Delta w_d, \quad (26)$$

де Δw - збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи, за холодний період року, % за масою;

Δw_d - допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу, в шарі якого може відбуватися конденсація вологи, % за масою, що встановлюється за таблицею 11 залежно від виду матеріалу.

Таблиця 11

Допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу Δw_d , % у конструкції в холодний період року [1]

Найменування матеріалу	Значення Δw_d , %
Мінераловатні та скловолокнисті вироби	2,5
Пінополістирол	2,0
Пінополіуретан	3,0
Плити з карбоніто-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 керамзиту	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

Зона конденсації визначається за характером розподілу парціального тиску водяної пари $e(x)$ і насиченої водяної пари $E(x)$ у товщі шарів огорожувальної конструкції. Парціальний тиск водяної пари в товщі шару матеріалу в перерізі x , Па, визначається за формулою:

$$e(x) = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_{e\Sigma}} \cdot R_{ex}, \quad (27)$$

де e_B - парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря, Па, що визначається за розрахунковим значенням відносної вологості ϕ_{B0} залежно від призначення будівлі за таблицею 3 і значенням парціального тиску насиченої водяної пари E_B (визначається за таблицею Б.2 додатку «Б»), що залежить від температури внутрішнього повітря приміщення та визначається за формулою (23);

e_3 - парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, що визначається за [2] для періоду найхолоднішого місяця року, Па;

R_{ex} - опір паропроникності огорожувальної частини від її внутрішньої поверхні до перерізу x , $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;

$R_{e\Sigma}$ - опір паропроникності огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

Паропроникність - це здатність матеріалу огорожувальних конструкцій пропускати водяну пару за наявності різниці тиску біля поверхонь огорожень, яка характеризується коефіцієнтом паропроникності μ , $\text{мг} / (\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па})$.

При дифузії водяної пари через шар огорожувальної конструкції останній чинить опір потоку пари, який називають **опором паропроникності**. Опір паропроникності багатошарової огорожувальної конструкції дорівнює сумі опорів паропроникності шарів, які її складають, і повинен забезпечити недопустимість накопичення вологи в огорожувальній конструкції за період накопичення вологи у холодний період року.

Опір паропроникності огорожувальної конструкції та окремих її шарів розраховується за формулами:

$$R_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (28)$$

$$R_{ex} = \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\mu_i} + \frac{x - \sum_{i=1}^m \delta_i}{\mu_{m+1}}, \quad (29)$$

де n - загальна кількість шарів у конструкції;

m - кількість повних шарів від внутрішньої поверхні до перерізу x ;

δ_i - товщина i -го шару, м;

μ_i - паропроникність матеріалу i -го шару, $\text{мг} / (\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па})$, що визначається за таблицею А.1 Додатку «А»;

μ_{m+1} - паропроникність матеріалу шару, $\text{мг} / (\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па})$, де розташований

переріз x .

Парціальний тиск насиченої водяної пари $E(x)$, Па, визначається за таблицями Додатку «Б», які відображають залежність $E(t)$ від розподілу температури в товщі конструкції $t(x)$, що розраховується за формулою:

$$t(x) = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{зе}}}{R_{\Sigma}} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_x \right), \quad (30)$$

де $t_{\text{в}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря в приміщенні, що приймається за табл. 3;

$t_{\text{зе}}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для процесу накопичення вологи в конструкції, що визначається за [2] для періоду найбільш холодного місяця року, °С;

$\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), який приймається за таблицею 4;

R_{Σ} - опір теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

R_x - опір теплопередачі частини огорожувальної конструкції від внутрішньої поверхні до перерізу x , м²·К/Вт.

Значення парціального тиску насиченої водяної пари, $E_{\text{в}}$, Па, для різних міст України за місяцями наведені у [2].

Конденсація вологи у зовнішній огорожувальній конструкції будівлі, що опалюється, за холодний період року відбуватися не буде, якщо $e(x) < E(x)$ для будь-якого $x \in [0, \delta]$, тобто будь-якого перерізу огорожувальної конструкції.

Приклад. Встановити можливість конденсації вологи всередині зовнішньої стіни для умов міста Запоріжжя. Розрахункова схема наведена на рисунку 9. Додатковими даними будуть коефіцієнти паропроникності μ , значення яких вибираємо з таблиці А.1 Додатку «А». Теплофізичні показники матеріалів багат шарової огорожувальної конструкції наведені в таблиці 12. Розрахункові значення вологості та температури внутрішнього повітря в приміщенні житлового будинку такі: $\varphi_{\text{в}} = 55\%$; $t_{\text{в}} = 20$ °С.

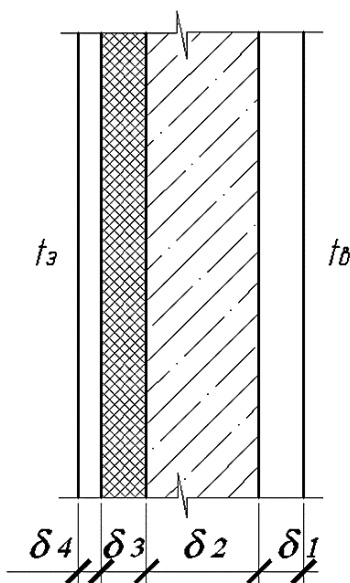


Рис. 9. Конструктивна схема зовнішньої стіни будівлі в м. Запоріжжя

$R_{\lambda i} = \delta_i / \lambda_i$ – термічний опір теплопровідності i -го шару

$R_{e i} = \delta_i / \mu_i$ – опір паропроникненню i -го шару

**Вихідні дані теплофізичних характеристик
матеріалів зовнішньої стіни**

№ шару	Найменування шару	ρ_0 , кг/м ³	δ , м	λ , Вт/(м·К)	R , м ² ·К/Вт	μ , мг/(м·год· Па)	R_{ei} , м ² ·год·Па/мг
1.	Внутрішня штукатурка з вапняно-піщаного розчину	1800	0,02	0,93	0,022	0,09	0,22
2.	Кладка цегляна з повнотілої глиняної цегли	1800	0,51	0,81	0,63	0,11	4,64
3.	Плити негорючі теплоізоляційні базальто-волокнисті	90	0,12	0,054	2,22	0,5	0,24
4.	Цементно-піщаний розчин	1600	0,02	0,81	0,025	0,12	0,17

Розрахунок

- Знаходимо значення парціального тиску водяної пари внутрішнього повітря за формулою (23)

$$e_e = 0,01 \varphi_{e0} E_e,$$

де $E_e = 2338$ Па – парціальний тиск насиченої водяної пари (таблична величина), що відповідає температурі $t_e = 20$ °С.

Тоді

$$e_e = 0,01 \cdot 55 \cdot 2338 = 1286 \text{ Па.}$$

- За ДСТУ -Н Б В.1.1.-27:2010 [2] для міста Запоріжжя знаходимо для січня (при $t_3 = -3,5$ °С (табл. 2) та $\varphi_3 = 85$ % (табл. 24)) середнє значення парціального тиску зовнішнього повітря $e_3 = 456$ Па (таблиця Б.1 Додатку «Б»).

- Знаходимо значення парціальних тисків в перерізі огороження на границях внутрішніх шарів за формулою (27)

$$e(x) = e_e - \frac{e_e - e_3}{R_{e\Sigma}} \cdot R_{ex},$$

де $R_{e\Sigma}$ – опір паропроникненню огорожувальної конструкції згідно з таблицею 12 дорівнює $R_{e\Sigma} = 0,22 + 4,64 + 0,24 + 0,17 = 5,27$ м² год. Па/мг;

В площині між шарами 1 та 2:

$$e_{1-2} = 1286 - \frac{1286-456}{5,27} \cdot 0,22 = 1251,35 \text{ Па.}$$

В площині між шарами 2 та 3:

$$e_{2-3} = 1286 - \frac{1286-456}{5,27} \cdot (0,22 + 4,64) = 520,6 \text{ Па.}$$

В площині між шарами 3 та 4:

$$e_{3-4} = 1286 - \frac{1286-456}{5,27} \cdot (0,22 + 4,64 + 0,24) = 482,8 \text{ Па.}$$

4. Знаходимо температури в перерізах на зазначених границях внутрішніх шарів огороження за формулою (30)

$$t(x) = t_B - \frac{t_B - t_{3e}}{R_\Sigma} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_B} + R_x \right),$$

де t_{3e} – розрахункова температура зовнішнього повітря для процесу накопичення вологи в конструкції, що визначається за Додатком «Д». Для січня, дорівнює $-4,9$ °С;

R_x – термічний опір частини огорожувальної конструкції від внутрішньої поверхні до перерізу x , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, наведений в таблиці 12 як найменування шару;

R_Σ – опір теплопередачі всієї конструкції, що визначається за формулою (5)

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{1}{\alpha_3}.$$

α_B – коефіцієнт теплосприймання (тепловіддачі) внутрішньої поверхні стіни, дорівнює $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороження, дорівнює $23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

$$R_\Sigma = 1/8,7 + 0,022 + 0,63 + 2,22 + 0,025 + 1/23 = 3,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

В площині між шарами 1 та 2:

$$t_{1-2} = 20 - \frac{20+4,9}{3,05} \left(\frac{1}{8,7} + 0,022 \right) = 17,04^\circ\text{С.}$$

В площині між шарами 2 та 3:

$$t_{2-3} = 20 - \frac{20+4,9}{3,05} \left(\frac{1}{8,7} + 0,022 + 0,63 \right) = 13,74^\circ\text{С.}$$

В площині між шарами 3 та 4:

$$t_{3-4} = 20 - \frac{20+4,9}{3,05} \left(\frac{1}{8,7} + 0,022 + 0,63 + 2,22 \right) = -4,4^\circ\text{С.}$$

5. За Додатком «Б» знаходимо (за обчисленими в пункті 4 температурами) значення парціального тиску насиченої водяної пари на границях конструктивних шарів огороження.

В площині між шарами 1 та 2: $E_{1-2} = 1986 \text{ Па}$.

В площині між шарами 2 та 3: $E_{2-3} = 1570 \text{ Па}$.

В площині між шарами 3 та 4: $E_{3-4} = 423 \text{ Па}$.

6. Робимо висновок про можливість конденсації водяної пари на границях конструктивних шарів зовнішньої стіни.

В площині між шарами 1 та 2:

$E_{1-2} = 1986 \text{ Па} > e_{1-2} = 1251,35 \text{ Па}$ – конденсат відсутній.

В площині між шарами 2 та 3:

$E_{2-3} = 1570 \text{ Па} > e_{2-3} = 520,6 \text{ Па}$ – конденсат відсутній.

В площині між шарами 3 та 4:

$E_{3-4} = 423 \text{ Па} < e_{3-4} = 482,8 \text{ Па}$ – конденсат можливий.

У разі, якщо $e(x) > E(x)$ для будь-якого з перерізів огорожувальної конструкції, проводиться розрахунок приросту вологи у шарі матеріалу Δw , 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), за формулою:

$$\Delta w = \frac{P}{\delta_k \cdot \rho_k} \cdot 100\%, \quad (31)$$

де P - кількість вологи, що конденсується у товщі огорожувальної конструкції за період накопичення вологи в конструкції, кг/м^2 , що розраховується за формулою:

$$P = \left(\frac{e_v - e_k}{R_{ek}} - \frac{e_k - e_z}{R_{e\Sigma} - R_{ek}} \right) \cdot Z \cdot 10^{-6}, \quad (32)$$

e_k – парціальний тиск водяної пари, Па, у зоні конденсації, що визначається за формулою (27);

R_{ek} – опір паропроникності частини огорожувальної конструкції від внутрішньої поверхні до зони початку конденсації, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$, що визначається за формулою (29);

$R_{e\Sigma}$ опір паропроникності огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$, що визначається за формулою (28);

Z - період накопичення вологи в конструкції, год, що дорівнює періоду із середньодобовими температурами зовнішнього повітря менше ніж 8°C за [2], або за Додатком «Д»;

δ_k - товщина шару матеріалу, м, у якому відбувається накопичення вологи, що конденсується (від зони конденсації до внутрішньої поверхні шару);

ρ_k - густина шару матеріалу, в якому відбувається конденсація вологи, кг/м^3 , що визначається згідно з таблицею А.1 Додатку «А».

Визначення кількості конденсату в шарі утеплювача який може накопичитися за холодний період року для умов попереднього прикладу

7. Оскільки умова $e(x) = E(x)$ відбувається всередині утеплювача, то деякий його шар буде зоною конденсації водяної пари, тоді її кількість можна обчислити за формулою (32):

$$P = \left(\frac{e_v - e_k}{R_{ek}} - \frac{e_k - e_z}{R_{e\Sigma} - R_{ek}} \right) \cdot Z \cdot 10^{-6},$$

де $e_v = 1286 \text{ Па}$;

$e_k = E_k = E_{3-4} = 423 \text{ Па}$;

$R_{ek} = R_{e3} + R_{e4} = 0,17 + 0,24 = 0,41 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/мг}$;

$$R_{e\Sigma} = R_{e1} + R_{e2} + R_{e3} + R_{e4} = 0,22 + 0,24 + 4,64 + 0,17 = 5,27 \text{ м}^2 \text{ год. Па/мг};$$

$$e_3 = 456 \text{ Па}; \text{ (Див. пункт 2.)}$$

$$Z = 166 \cdot 24 \text{ год. (За Додатком «Д»)}$$

Підставляємо дані у формулу (32) і знаходимо кількість вологи, що конденсується в шарі утеплювача

$$P = \left(\frac{1286 - 586,5}{0,41} - \frac{423 - 456}{5,27 - 0,41} \right) \cdot 166 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 0,029 \text{ кг/м}^2,$$

Приріст вологи за холодний період року знаходимо за формулою (31)

$$\Delta w = \frac{P}{\delta_k \cdot \rho_k} \cdot 100\% = \frac{0,029}{0,12 \cdot 90} \cdot 100 = 0,26\%$$

8. Аналізуємо результати розрахунку. Оскільки $\Delta w = 0,26\% < \Delta w_d = 2,5\%$, в утеплювачі відбувається незначне накопичення вологи і така конструкція може бути придатною для застосування.

Тут Δw_d – допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу, в шарі якого може відбуватися конденсація вологи у % за масою, що встановлюється згідно з таблицею 11, залежно від виду матеріалу шару конструкції зовнішньої стіни.

Розглянемо на прикладі випадок визначення вологісного режиму багат шарової огорожувальної конструкції з розташуванням утеплювача з внутрішнього боку приміщення.

Приклад. Встановити можливість конденсації вологи всередині зовнішньої стіни будівлі для умов міста Донецька. Конструктивні шари мають такі ж теплофізичні характеристики, як і у попередньому прикладі, але розташовуються по-іншому. Передбачено варіант утеплення стіни з внутрішнього боку. Розрахункова схема наведена на рисунку 10. Розрахункові теплофізичні характеристики матеріалів шарів огорожувальної конструкції наведено в таблиці 13. В приміщенні житлового будинку $\varphi_{в0} = 55\%$; $t_{в} = 20^\circ\text{C}$.

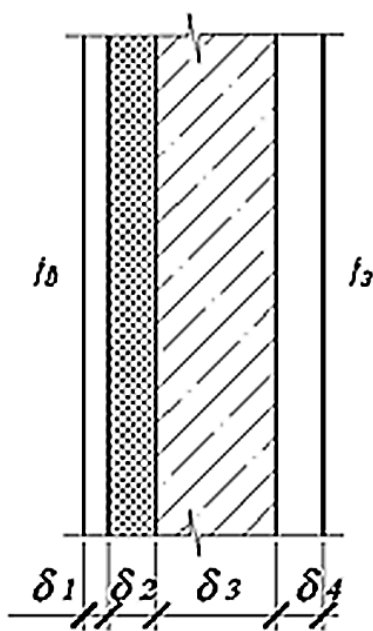


Рис. 10. Конструктивна схема зовнішньої стіни

$R_{\lambda i} = \delta_i / \lambda_i$ – термічний опір теплопровідності i -го шару

$R_{e i} = \delta_i / \mu_i$ – опір паропроникненню i -го шару

Вихідні дані для розрахунку огорожувальної конструкції з розташуванням утеплювача з боку внутрішньої поверхні стіни

№ шару	Найменування шару	ρ_0 , кг/м ³	δ , м	λ , Вт/(м·К)	R, м ² ·К/Вт	μ , мг/(м·год· Па)	R_{ei} , м ² ·год·Па/ мг
1.	Внутрішня штукатурка з вапняно-піщаного розчину	1800	0,02	0,93	0,022	0,09	0,22
2.	Плити негорючі теплоізоляційні базальто-волокнисті	90	0,12	0,054	2,22	0,5	0,24
3.	Кладка цегляна з повнотілої глиняної цегли	1800	0,51	0,81	0,63	0,11	4,64
4.	Цементно-піщаний розчин	1600	0,02	0,81	0,025	0,12	0,17

Розрахунок

1. Знаходимо значення парціального тиску водяної пари внутрішнього повітря за формулою (23)

$$e_e = 0,01 \varphi_{e0} E_{e0}$$

$E_{e0} = 2338$ Па – парціальний тиск насиченої водяної пари (таблична величина), що відповідає температурі $t_b = +20$ °С.

Тоді

$$e_b = 0,01 \cdot 55 \cdot 2338 = 1286 \text{ Па.}$$

2. За ДСТУ -Н Б В.1.1-27:2010 [2] знаходимо для січня (при $t_3 = -5,2$ °С та $\varphi_3 = 86\%$) середнє значення парціального тиску зовнішнього повітря $e_3 = 395$ Па.

3. Знаходимо значення парціальних тисків в перерізі огороження на границях внутрішніх шарів за формулою (27).

В площині між шарами 1 та 2:

$$e_{1-2} = 1286 - \frac{1286-395}{5,27} \cdot 0,22 = 1248,8 \text{ Па.}$$

В площині між шарами 2 та 3:

$$e_{2-3} = 1286 - \frac{1286-395}{5,27} \cdot (0,22 + 0,24) = 1208,2 \text{ Па.}$$

В площині між шарами 3 та 4:

$$e_{3-4} = 1286 - \frac{1286-395}{5,27} \cdot (0,22 + 4,64 + 0,24) = 423,7 \text{ Па.}$$

4. Знаходимо температури в перерізах на зазначених кордонах внутрішніх шарів огороження за формулою (30). За додатком «Д» для міста Донецька знаходимо розрахункову температуру зовнішнього повітря для процесу накопичення вологи в конструкції – $t_{3e} = -6,6$ °С.

В площині між шарами 1 та 2:

$$t_{1-2} = 20 - \frac{20+6,6}{3,05} \left(\frac{1}{8,7} + 0,022 \right) = 18,8 \text{ °С.}$$

В площині між шарами 2 та 3:

$$t_{2-3} = 20 - \frac{20+6,6}{3,05} \left(\frac{1}{8,7} + 0,022 + 2,22 \right) = -0,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В площині між шарами 3 та 4:

$$t_{3-4} = 20 - \frac{20+6,6}{3,05} \left(\frac{1}{8,7} + 0,022 + 2,22 + 0,63 \right) = -6,05 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

5. За Додатком «В» знаходимо (за обчисленими в пункті 4 температурами) значення парціального тиску насиченої водяної пари на границях шарів.

В площині між шарами 1 та 2: $E_{1-2} = 2169 \text{ Па}$.

В площині між шарами 2 та 3: $E_{2-3} = 586,5 \text{ Па}$.

В площині між шарами 3 та 4: $E_{3-4} = 368 \text{ Па}$.

6. Робимо висновок про можливість конденсації на границях шарів.

В площині між шарами 1 та 2:

$E_{1-2} = 2169 \text{ Па} > e_{1-2} = 1245,2 \text{ Па}$ – конденсат відсутній.

В площині між шарами 2 та 3:

$E_{2-3} = 586,5 \text{ Па} < e_{2-3} = 1200,7 \text{ Па}$ – конденсат можливий.

В площині між шарами 3 та 4:

$E_{3-4} = 368 \text{ Па} > e_{3-4} = 340,5 \text{ Па}$ – конденсат відсутній.

7. Оскільки умова $e(x) = E(x)$ відбувається всередині утеплювача, то весь його шар буде зоною конденсації водяної пари, а її кількість можна обчислити за формулою (32):

$$P = \left(\frac{e_v - e_k}{R_{ek}} - \frac{e_k - e_z}{R_{e\Sigma} - R_{ek}} \right) \cdot Z \cdot 10^{-6},$$

де $e_v = 1286 \text{ Па}$;

$e_k = E_k = E_{2-3} = 586,5 \text{ Па}$;

$R_{ek} = 0,22 + 0,24 = 0,46 \text{ м}^2\text{год Па/мг}$;

$R_{e\Sigma} = 0,22 + 0,24 + 4,64 + 0,17 = 5,27 \text{ м}^2\text{год. Па/мг}$;

$e_z = 395 \text{ Па}$;

$Z = 176 \cdot 24 \text{ год.}$

Підставляємо дані у формулу (32) і знаходимо кількість вологи, що конденсується в шарі утеплювача

$$P = \left(\frac{1286-586,5}{0,46} - \frac{586,5-395}{5,27-0,46} \right) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 6,255 \text{ кг/м}^2,$$

Приріст вологи знаходимо за формулою (31)

$$\Delta w = \frac{P}{\delta_k \cdot \rho_k} \cdot 100\% = \frac{6,255}{0,12 \cdot 90} \cdot 100 = 57,92\%$$

8. Порівнюємо результати розрахунку з нормативними вимогами ($\Delta w < \Delta w_d$). Оскільки $\Delta w = 57,92\% > \Delta w_d = 2,5\%$, нормативна вимога не виконується, тому в утеплювачі буде відбуватися значне накопичення вологи за холодний період року із середньодобовими температурами зовнішнього повітря менше ніж 8°C і така конструкція не придатна для застосування.

Допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості в шарі

матеріалу ΔW_d встановлюється за таблицею 11, в залежності від виду матеріалу огорожувальної конструкції, в якому відбувається накопичення конденсату.

9. КОНСТРУКТИВНІ ЗАХОДИ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ НАКОПИЧЕННЯ ВОЛОГИ В ЗОВНІШНІХ ОГОРОЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Основними конструктивними заходами запобігання конденсації вологи в зовнішніх огорожувальних конструкціях є проектування багатошарових конструкцій із різних матеріалів та раціональне їх розміщення. Найбільш доцільно розміщувати конструкційні матеріали з великою густиною, високою теплопровідністю та малою паропроникністю з внутрішнього боку огорожень (з боку приміщень), а теплоізоляційні з малою густиною, низькою теплопровідністю та великою паропроникністю – із зовнішнього боку огорожень (з боку фасадів) (рис. 11). Таке розміщення призводить до зменшення паропроникності огорожувальних конструкцій у напрямі зсередини приміщень назовні. При цьому максимальна пружність водяної пари у будь-якому місці огорожувальної конструкції (лінія E) буде менше ніж дійсна пружність водяної пари (лінія e), що виключає можливість конденсації водяної пари. Розміщення теплоізоляційних матеріалів з внутрішнього боку огорожень може призвести до того, що лінії E та e перетнуться та з'являться умови для можливої конденсації водяної пари у товщі огороження. Для знаходження зони конденсації за товщиною огорожувальної конструкції будують лінії дійсної зміни пружності водяної пари. Для цього з точок на поверхнях огороження e_v та e_3 проводять дотичні до лінії E . Зона конденсації водяної пари буде знаходитися між точками дотику (рис. 11, б).

При проектуванні суміщених покриттів будівель, що опалюються, для забезпечення їх задовільного вологісного стану, необхідно враховувати наступні положення:

1. Для захисту теплоізоляційного шару від зволоження в будівлях, які опалюються із нормальним, вологим і мокрим режимами експлуатації необхідно нижче теплоізоляційного шару влаштовувати шар фарбувальної, прокладної або проклеєної плівкової пароізоляції, товщина якого визначається за розрахунками (рис. 11, з).
2. Основою під пароізоляційний шар повинна служити ретельно вирівняна поверхня несучих елементів (рис. 11, з, д).
3. Для запобігання руйнування пароізоляційного шару над стиковими сполученнями елементів покриття необхідно передбачити наклеювання рулонних накладок і компенсаторів.
4. У місцях примикання елементів покриття до стін, ліхтарів, шахт та інших конструкцій, що проходять через нього, пароізоляція повинна продовжуватися на висоту, що дорівнює товщині теплоізоляційного шару.
5. Основним заходом, що виключає конденсацію вологи в суміщених покриттях, є вентиляція їх товщі зовнішнім повітрям. Елементами вентиляційних систем можуть бути: повітряні прошарки над шаром теплоізоляції (рис. 11, д); компенсатори з осушувальними патрубками; продухи з карнизними і рядовими флюгерами; канали з магістральними флюгерами.

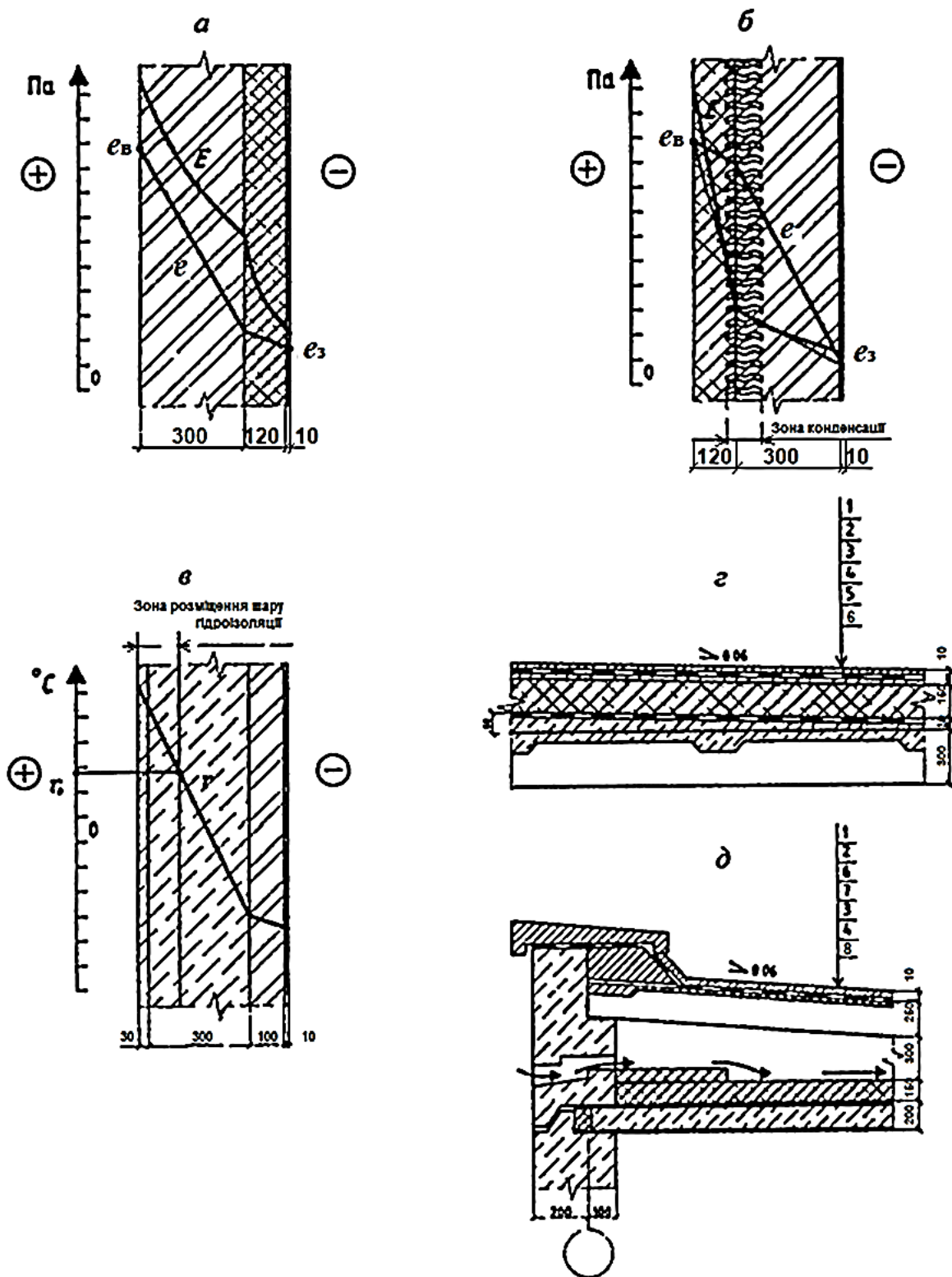


Рис. 11. Конструктивні заходи нормалізації вологого стану огорожувальних конструкцій [7]: *а* – зовнішня стіна з утеплювачем, розташованим із зовнішнього боку; *б* – те саме, із внутрішнього боку; *в* – визначення місця для розміщення шару пароізоляції; *г* – невентильоване покриття; *д* – вентильоване покриття; 1 - два шари наплавленого руберойду; 2 - вирівнююча армована цементно-піщана стяжка, 30 мм; 3 - теплоізоляція, 150 мм; 4 - пароізоляція; 5 - керамзитобетон для створення ухилу; 6 – ребриста залізобетонна плита покриття, 300 мм; 7 - повітряний прошарок, 500 мм; 8 - залізобетонна багатопустотна плита горіщного перекриття, 200 мм

10. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ до ЗМ «Будівельна теплотехніка»

1. Які методи розрахунку покладено в основу будівельної теплотехніки?
2. Який основний фактор впливає на втрати тепла в приміщеннях будівлі?
3. Що таке теплопровідність? Наведіть приклади.
4. Що таке конвекція? Які види конвекції є в природі? Наведіть приклади.
5. Що таке теплове випромінювання? Наведіть приклади.
7. Яка фізична суть коефіцієнта теплопровідності? Від чого залежить величина коефіцієнта теплопровідності матеріалу?
10. Що таке тепловіддача? Коефіцієнт тепловіддачі? Які розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції?
11. Що таке теплопередача? Коефіцієнт теплопередачі?
12. Як визначається приведений опір теплопередачі однорідної багат шарової огорожувальної конструкції? Яку нормативну умову перевіряють при його розрахунках?
13. Як визначається приведений опір теплопередачі неоднорідної огорожувальної конструкції?
14. Як впливають на приведений опір теплопередачі огороження з визначеними значеннями лінійного коефіцієнта теплопередачі теплопровідних включень?
15. Яка послідовність розрахунку приведенного опору теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій?
12. Які нормативні вимоги до тепловологісного режиму приміщень будівель?
14. З якою метою проводиться теплофізичний розрахунок огорожувальних конструкцій будівель?
15. Як нормуються максимально допустимі значення показника теплосасвоєння поверхнею підлоги цивільних та промислових будівель?
16. З яких умов визначається кількість шарів підлоги при розрахунках теплосасвоєння підлоги?
14. Яких рекомендацій потрібно дотримуватися при проектуванні підлог із зниженою величиною теплосасвоєння поверхні підлоги?
15. Що таке морозостійкість матеріалу? Пористість? Водопоглинання? Водостійкість?
16. Яким параметром визначається ступінь насичення водяною парою повітря? Що таке точка роси? Коли буде утворюватися конденсат на площині внутрішньої поверхні зовнішньої огорожувальної конструкції?
18. Що таке вагова або рівноважна вологість матеріалу і як вона визначається?
20. Яку умову потрібно перевіряти з метою недопущення конденсації вологи в товщі шару огорожувальної конструкції для опалювальних приміщень будівель?
22. Як визначити парціальний тиск в товщі шару матеріалу огорожувальної конструкції в перерізі з координатою x ?

22. Що таке паропроникність матеріалу огорожувальної конструкції?

23. За якою формулою визначають опір паропроникності огорожувальної конструкції та окремих її шарів?

24. За якої умови конденсація вологи у зовнішній огорожувальній конструкції будівлі, що опалюється, за холодний період року відбуватися не буде?

25. Як визначити приріст вологи у шарі матеріалу зовнішньої огорожувальної конструкції у якому відбувається конденсація вологи?

26. Якими конструктивними заходами можна нормалізувати вологісний стан зовнішніх огорожувальних конструкцій?

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

РОЗРАХУНКОВІ ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Таблиця А.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)	А	Б	теплопровідність λ_p , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплозасвоєння s , Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)
							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 А.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-формальдегідного 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 зпитого 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 А.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 А.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 А.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 КОНСТРУКЦИНО-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 А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39	Газо- та пінозобетон	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	Керамзитшлакобетон	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 А.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 багат шаровий	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 А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.7 Кладка з виробів бетонних											
61	З блоків керамзитоплакобетонних 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 керамзитоплакобетонних 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 сіпо-рового 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
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

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	туф	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 А.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 багатопаровий та однопаровий 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	0,42	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.											

ДОДАТОК Б

(довідковий)

ЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ПРУЖНОСТІ ВОДЯНОЇ ПАРИ E (Па) ДЛЯ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУР

Таблиця Б.1 - Для температур від 0 °С до -40 °С

t, °С	E, Па	t, °С	E, Па	t, °С	E, Па	t, °С	E, Па	t, °С	E, Па
0,0	611	-5,4	388	-10,6	245	-16,0	151	-23,0	77
-0,2	601	-5,6	381	-10,8	241	-16,2	148	-23,5	73
-0,4	592	-5,8	375	-11,0	237	-16,4	145	-24,0	69
-0,6	581	-6,0	368	-11,2	233	-16,6	143	-24,5	65
-0,8	573	-6,2	363	-11,4	229	-16,8	140	-25,0	63
-1,0	563	-6,4	356	-11,6	225	-17,0	137	-25,5	60
-1,2	553	-6,6	351	-11,8	221	-17,2	135	-26,0	56
-1,4	544	-6,8	344	-12,0	217	-17,4	132	-26,5	53
-1,6	535	-7,0	337	-12,2	213	-17,6	129	-27,0	51
-1,8	527	-7,2	332	-12,4	209	-17,8	128	-27,5	48
-2,0	517	-7,4	327	-12,6	207	-18,0	125	-28,0	45
-2,2	509	-7,6	321	-12,8	203	-18,2	123	-28,5	44
-2,4	500	-7,8	315	-13,0	199	-18,4	120	-29,0	41
-2,6	492	-8,0	309	-13,2	195	-18,6	117	-29,5	39
-2,8	484	-8,2	304	-13,4	191	-18,8	116		
-3,0	476	-8,4	299	-13,6	188	-19,0	113	-30	37
-3,2	468	-8,6	293	-13,8	184	-19,2	111	-31	34
-3,4	460	-8,8	289	-14,0	181	-19,4	109	-32	30
-3,6	452	-9,0	284	-14,2	179	-19,6	107	-33	27
-3,8	445	-9,2	279	-14,4	175	-19,8	105	-34	25
-4,0	437	-9,4	273	-14,6	172			-35	22
-4,2	429	-9,6	268	-14,8	168	-20,0	103	-36	20
-4,4	423	-9,8	264	-15,0	165	-20,5	99	-37	18
-4,6	415			-15,2	163	-21,0	93	-38	16
-4,8	408	-10,0	260	-15,4	159	-21,5	89	-39	14
-5,0	401	-10,2	255	-15,6	156	-22,0	85	-40	12
-5,2	395	-10,4	251	-15,8	153	-22,5	81	-41	11

Таблиця Б.2 - Для температур від 0 °С до +40 °С

t, °С	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	611	615	620	624	629	633	639	643	648	652
1	657	661	667	671	676	681	685	691	696	701
2	705	711	716	721	727	732	737	743	748	753
3	759	764	769	775	780	785	791	796	803	808
4	813	819	825	831	836	843	848	855	860	867
5	872	879	885	891	897	904	909	916	923	929
6	935	941	948	955	961	968	975	981	988	995
7	1001	1009	1016	1023	1029	1037	1044	1051	1059	1065
8	1072	1080	1088	1095	1103	1109	1117	1125	1132	1140
9	1148	1156	1164	1172	1180	1188	1196	1204	1212	1220
10	1228	1236	1244	1253	1261	1269	1279	1287	1295	1304
11	1312	1321	1331	1339	1348	1355	1365	1375	1384	1393
12	1403	1412	1421	1431	1440	1449	1459	1468	1479	1488
13	1497	1508	1517	1527	1537	1547	1557	1568	1577	1588
14	1599	1609	1619	1629	1640	1651	1661	1672	1683	1695
15	1705	1716	1727	1739	1749	1761	1772	1784	1795	1807
16	1817	1829	1841	1853	1865	1877	1889	1901	1913	1925
17	1937	1949	1962	1974	1986	2000	2012	2025	2037	2050
18	2064	2077	2089	2102	2115	2129	2142	2156	2169	2182
19	2197	2210	2225	2238	2252	2266	2281	2294	2309	2324
20	2338	2352	2366	2381	2396	2412	2426	2441	2456	2472
21	2486	2502	2517	2533	2548	2564	2580	2596	2612	2628
22	2644	2660	2676	2691	2709	2725	2742	2758	2776	2792
23	2809	2826	2842	2860	2877	2894	2913	2930	2948	2965
24	2984	3001	3020	3038	3056	3074	3093	3112	3130	3149
25	3168	3186	3205	3224	3244	3262	3282	3301	3321	3341
26	3361	3381	3401	3421	3441	3461	3482	3502	3523	3544
27	3565	3586	3608	3628	3649	3672	3693	3714	3736	3758
28	3780	3801	3824	3846	3869	3890	3913	3937	3960	3982
29	4005	4029	4052	4076	4100	4122	2146	4170	4194	4218
30	4242	4268	4292	4317	4341	4366	4390	4416	4441	4466
31	4493	4518	4544	4570	4596	4622	4648	4674	4701	4728
32	4754	4782	4809	4836	4863	4890	4918	4946	4974	5002
33	5030	5058	5088	5116	5144	5173	5202	5231	5261	5290
34	5320	5349	5378	5409	5440	5469	5500	5530	5561	5592
35	5624	5654	5685	5717	5749	5781	5813	5845	5877	5909
36	5941	5974	6006	6039	6073	6106	6139	6173	6207	6241
37	6275	6309	6343	6378	6413	6447	6483	6518	6554	6589
38	6625	6661	6697	6734	6769	6806	6842	6879	6916	6954
39	6991	7030	7067	7105	7143	7182	7220	7259	7298	7337
40	7375	7414	7454	7494	7534	7574	7614	7654	7695	7737

ДОДАТОК В

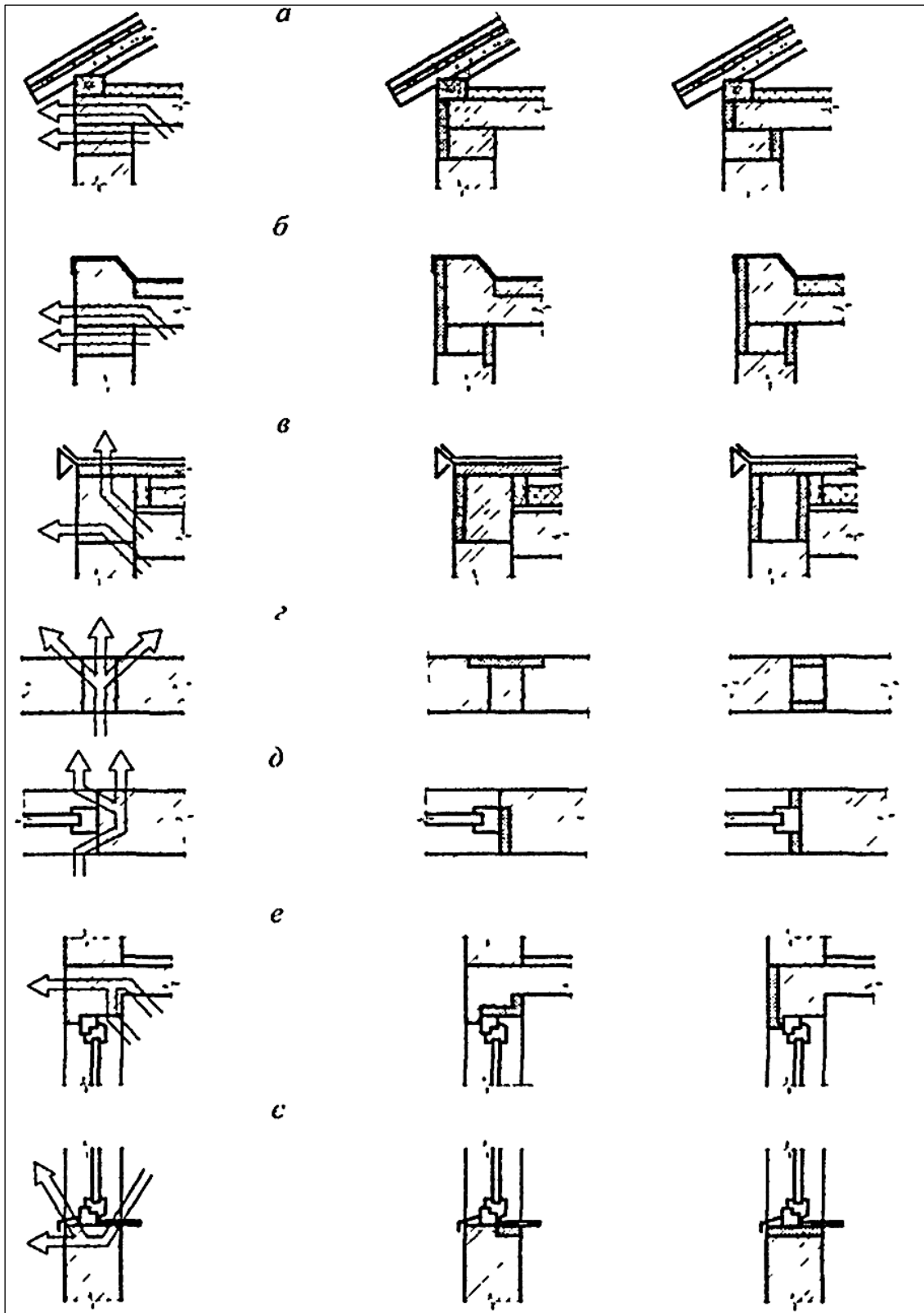
(ДОВІДКОВИЙ)

ЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТОЧКИ РОСИ τ_p ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ І ВІДНОСНИХ ВОЛОГОСТЯХ ПОВІТРЯ

Температура, °С	Відносна вологість повітря, φ , %											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
-5	-15,30	-14,04	-12,90	-11,84	-10,83	-9,96	-9,11	-8,31	-7,62	-6,89	-6,24	-5,60
-4	-14,40	-13,10	-11,93	-10,84	-9,89	-8,99	-8,11	-7,34	-6,62	-5,89	-5,24	-4,60
-3	-13,42	-12,16	-10,98	-9,91	-8,95	-7,99	-7,16	-6,37	-5,62	-4,90	-4,24	-3,60
-2	-12,58	-11,22	-10,04	-8,98	-7,95	-7,04	-6,21	-5,40	-4,62	-3,90	-3,34	-2,60
-1	-11,61	-10,28	-9,10	-7,98	-7,00	-6,09	-5,21	-4,43	-3,66	-2,94	-2,34	-1,60
0	-10,65	-9,34	-8,16	-7,05	-6,06	-5,14	-4,26	-3,46	-2,70	-1,96	-1,34	-0,62
1	-9,85	-8,52	-7,32	-6,22	-5,21	-4,26	-3,40	-2,58	-1,82	-1,08	-0,41	0,31
2	-9,07	-7,72	-6,52	-5,39	-4,38	-3,44	-2,56	-1,74	-0,97	-0,24	0,52	1,29
3	-8,22	-6,88	-5,66	-4,53	-3,52	-2,57	-1,69	-0,88	-0,08	0,74	1,52	2,29
4	-7,45	-6,07	-4,84	-3,74	-2,70	-1,75	-0,87	-0,01	0,87	1,72	2,50	3,26
5	-6,66	-5,26	-4,03	-2,91	-1,87	-0,92	-0,01	0,94	1,83	2,68	3,49	4,26
6	-5,81	-4,45	-3,22	-2,08	-1,04	-0,08	0,94	1,89	2,80	3,68	4,48	5,25
7	-5,01	-3,64	-2,39	-1,25	-0,72	0,87	1,90	2,85	3,77	4,66	5,47	6,25
8	-4,21	-2,83	-1,56	-0,42	-0,21	1,82	2,86	3,85	4,77	5,64	6,46	7,24
9	-3,41	-2,02	-0,78	0,46	1,66	2,77	3,82	4,81	5,74	6,62	7,45	8,24
10	-2,62	-1,22	0,08	1,39	2,60	3,72	4,78	5,77	6,71	7,60	8,44	9,23
11	-1,83	-0,42	0,98	1,32	3,54	4,68	5,74	6,74	7,68	8,58	9,43	10,23
12	-1,04	0,44	1,90	3,25	4,48	5,63	6,70	7,71	8,65	9,56	10,42	11,22
13	-0,25	1,35	2,82	4,18	5,42	6,58	7,66	8,68	9,62	10,54	11,41	12,21
14	0,63	2,26	3,76	5,11	6,36	7,53	8,62	9,64	10,59	11,52	12,40	13,21
15	1,51	3,17	4,68	6,04	7,30	8,48	9,58	10,60	11,59	12,50	13,38	14,21
16	2,41	4,08	5,60	6,97	8,24	9,43	10,54	11,57	12,56	13,48	14,36	15,20
17	3,31	4,99	6,52	7,90	9,18	10,37	11,50	12,54	13,53	14,46	15,36	16,19
18	4,20	5,90	7,44	8,83	10,12	11,32	12,46	13,51	14,50	15,44	16,34	17,19
19	5,09	6,81	8,36	9,76	11,06	12,27	13,42	14,48	15,47	16,42	17,32	18,19
20	6,00	7,72	9,28	10,69	12,00	13,22	14,38	15,44	16,44	17,40	18,32	19,18
21	6,00	8,62	10,20	11,62	12,94	14,17	15,33	16,40	17,41	18,38	19,30	20,18
22	7,69	9,52	11,12	12,55	13,88	15,12	16,28	17,37	18,38	19,36	20,30	21,16
23	8,68	10,43	12,03	13,48	14,82	16,07	17,23	18,34	19,38	20,34	21,28	22,15
24	9,57	11,34	12,94	14,41	15,76	17,02	18,19	19,30	20,35	21,32	22,26	23,15
25	10,46	12,75	13,86	15,34	16,70	17,97	19,15	20,26	21,32	22,30	23,24	24,14
26	11,35	13,15	14,78	16,27	17,64	18,95	20,11	21,22	22,29	23,28	24,22	25,14
27	12,24	14,05	15,70	17,19	18,57	19,87	21,06	22,18	23,26	24,26	25,22	26,13
28	13,13	14,95	16,61	18,11	19,50	20,81	22,01	23,14	24,23	25,24	26,20	27,12
29	14,02	15,86	17,52	19,04	20,44	21,75	22,96	24,11	25,20	26,22	27,20	28,12
30	14,92	16,77	18,44	19,97	21,38	22,69	23,92	25,08	26,17	27,20	28,18	29,11

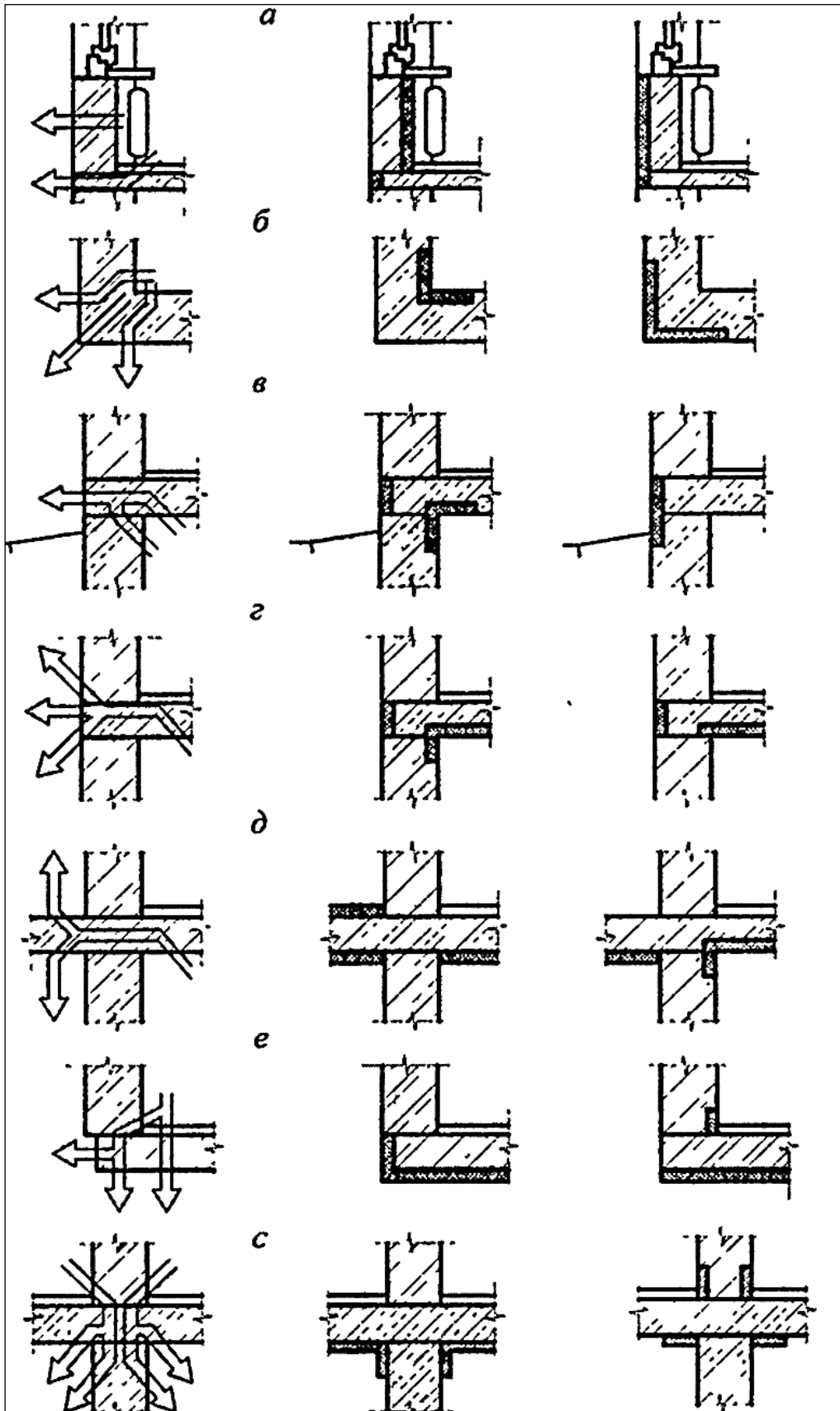
ДОДАТОК Г

ТЕПЛОПРОВІДНІ ВКЛЮЧЕННЯ ТА ЇХ УСУНЕННЯ НАПРАВЛЕНОЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ [7]



a - карнизний вузол схильного покриття; *б* - парапет; *в* - карнизний вузол плоского покриття; *г* - залізобетонна колона в стіні; *д* - бокове примикання вікна до стіни; *е* - верхнє примикання вікна до стіни; *з* - нижнє примикання вікна до стіни

Продовження додатку Д



a - підвіконна частина стіни; *б* - виступаючий кут стіни; *в* - цоколь стіни; *г* - спирання перекриття на стіну; *д* - спирання перекриття з консольним виступом; *е* - еркер; *є* - спирання цокольного перекриття на внутрішню стіну

ДОДАТОК Д

(довідковий)

КЛІМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ ХОЛОДНОГО ПЕРІОДУ РОКУ ДЛЯ МІСТ УКРАЇНИ [7]

Таблиця Д.1

Населений пункт		Температура повітря, °С, найбільш холодних				Температура повітря, °С, найбільш холодного місяця	Парціальний тиск водяної пари найбільш холодного місяця, Па	Період з середньою добовою температурою повітря						Кількість опадів за листопад-березень, мм	Переважаючий напрям вітру за грудень-лютий	Максимальна з середніх швидкостей вітру по румбам за січень, повторюваність яких складає 16% та більше, м/с
		Діб		п'яти діб				≤ 0°С		≤ 8°С		≤ 10°С				
№	Найменування	забезпеченістю				Температура повітря, °С, найбільш холодного місяця	Парціальний тиск водяної пари найбільш холодного місяця, Па	Тривалість, діб	Середня температура	Тривалість, діб	Середня температура	Тривалість, діб	Середня температура	Кількість опадів за листопад-березень, мм	Переважаючий напрям вітру за грудень-лютий	Максимальна з середніх швидкостей вітру по румбам за січень, повторюваність яких складає 16% та більше, м/с
		0,98	0,92	0,98	0,92											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Вінниця	-29	-26	-25	-21	-6	360	107	-3,7	180	-0,7	198	0,2	76	Пд	4,7
2	Дніпропетровськ	-29	-27	-26	-24	-5,4	380	100	-3,7	172	-0,6	187	0,2	86	С	5,5
2.1	Кривий Ріг	-21	-18	-18	-17	-	-	95	-3,3	170	-0,2	186	0,6	77	с	6,2
2.2	Комісарівка	-27	-25	-22	-20	-	-	100	-3,7	175	-0,6	191	0,2	74	ПнС	-
3	Донецьк	-28	-26	-24	-22	-6,6	380	105	-4,1	176	-0,9	190	-0,2	79	ПдС	6,2
4	Житомир	-29	-25	-24	-22	-5,7	400	109	-3,9	182	-0,8	201	0,1	69	3	5,4
4.1	Овруч	-28	-25	-23	-21	-	-	111	-4,0	185	-0,9	202	0,0	78	3	-
5	Запоріжжя	-27	-24	-23	-21	-4,9	460	86	-2,9	166	0,3	181	1,0	103	ПнС	4,8
5.1	Кирилівка	-28	-25	-23	-22	-	-	99	-3,5	174	-0,4	191	0,4	98	С	-
6	Івано-Франківськ	-26	-24	-22	-20	-5,1	360	96	-3,3	178	0,0	198	0,9	76	ПдС	5,8
7	Київ	-29	-26	-25	-22	-5,9	280	103	-3,7	176	-0,6	193	0,3	95	3	4,3
8	Кропивницький	-30	-26	-25	-22	-5,6	400	102	-3,8	175	-0,7	191	0,1	68	Пд	5,9
8.1	Гайворон	-29	-26	-25	-22	-	-	95	-3,4	173	-0,2	190	0,6	93	ПдС	-
8.2	Знам'янка	-29	-27	-25	-22	-	-	105	-3,9	177	-0,8	193	0,0	79	Пд	-
9	Луганськ	-32	-29	-27	-25	-6,6	370	100	-4,1	172	-0,8	188	0,0	73	С	6,8
10	Луцьк	-27	-24	-22	-20	-4,9	400	99	-3,3	179	-0,1	199	0,8	70	ПдС	6,3
10.1	Ковель	-28	-25	-23	-21	-	-	97	-3,2	180	0,0	200	0,9	78	3	-
11	Львів	-25	-24	-20	-19	-5	390	99	-3,0	179	0,0	201	1,0	101	ПдС	5,8
12	Миколаїв	-26	-23	-22	-20	-3,5	460	76	-2,2	160	0,9	176	1,6	92	ПнС	5,4
13	Одеса	-24	-21	-20	-18	-2,5	490	61	-1,4	158	1,7	178	2,5	116	Пн	6,5
13.1	Ізмаїл	-22	-19	-17	-15	-	-	54	-1,3	153	1,9	172	2,7	110	Пн	6,4
13.2	Любашівка	-24	-21	-21	-19	-5	-	93	-3,3	171	-0,2	187	0,6	85	ПдС	-
13.3	Роздільна	-24	-21	-20	-17	-	-	83	-2,5	164	0,6	181	1,4	88	ПнС	-
13.4	Сарата	-26	-23	-22	-20	-	-	64	-1,5	157	1,6	177	2,4	91	Пн	-
14	Полтава	-30	-27	-25	-23	-6,9	380	112	-4,3	177	-1,3	193	-0,5	79	С	5,6
14.2	Лубни	-29	-26	-25	-23	-	-	112	-4,2	179	-1,2	195	-0,4	91	ПдС	-

Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
15	Рівне	-27	-25	-22	-21	-5,4	400	105	-3,5	181	-0,5	200	0,4	65	3	7,5
15.2	Сарни	-27	-25	-23	-21	-	-	102	-3,5	180	-0,4	199	0,5	75	Пд	-
16	Сімферополь	-22	-20	-18	-15	-1	530	37	-0,1	153	2,6	174	3,4	132	ПнС	7,4
16.6	Феодосія	-22	-19	-17	-15	0,6	580	0	-	140	3,4	162	4,1	128	ПнЗ	6,5
16.7	Ялта	-10	-8	-7	4	-1	640	0	-	119	5,1	149	5,9	283	3	4,4
17	Суми	-30	-29	-27	-25	-7,9	360	121	-5,0	185	-1,9	201	-1,1	71	ПдС	5,9
17.2	Ромни	-29	-26	-25	-23	-	-	118	-4,8	184	-1,7	200	-0,8	79	С	-
18	Тернопіль	-25	-23	-22	-20	-5,4	380	109	-3,8	183	-0,7	203	0,2	68	ПдС	5,1
19	Ужгород	-25	-23	-21	-18	-3,1	450	63	-2,0	154	1,5	176	2,4	154	ПдС	4,4
20	Харків	-31	-28	-26	-23	-7,3	360	113	-4,6	179	-1,5	194	-0,7	67	С	6,5
20.3	Лозова	-30	-27	-26	-22	-	-	108	-4,3	176	-1,3	192	-0,4	83	С	-
21	Херсон	-27	-23	-23	-19	-3,2	480	77	-2,1	163	1,0	180	1,8	86	С	6,2
21.1	Асканія-Нова	-26	-24	-23	-20	-	-	75	-2,2	165	1,0	182	1,8	80	С	7,2
21.2	Генічеськ	-27	-24	-23	-19	-	-	70	-1,7	161	1,4	178	2,1	90	С	6,6
22	Хмельницький	-26	-25	-22	-12	-5,6	380	106	-3,6	181	-0,5	200	0,4	78	ПдС	5,7
23	Черкаси	-29	-26	-25	-22	-5,8	400	117	-3,7	191	-0,6	211	0,3	-	-	-
23.1	Золотоноша	-29	-26	-24	-21	-	-	104	-3,9	177	-0,8	194	0,1	80	ПдС	-
23.2	Умань	-29	-25	-23	-20	-	380	104	-3,7	178	-0,6	195	0,2	87	ПнЗ	5,4
24	Чернігів	-31	28	-27	-23	-6,7	370	111	-4,5	185	-1,4	202	-0,5	75	Пд	4,2
25	Чернівці	-26	-24	-22	-20	-5	390	92	-3,2	173	0,0	191	0,9	79	ПнЗ	6,3

Примітка. Якщо у таблиці для області наведені кліматичні параметри тільки для обласного центру (виділені жирним шрифтом), то ці параметри треба приймати для усієї області. Якщо для області наведено декілька пунктів із різними значеннями кліматичних параметрів, то у випадку відсутності в таблиці даних для району будівництва їх слід приймати рівними значенням кліматичних параметрів найближчого до нього населеного пункту, наведеного у таблиці та розташованого у місцевості з аналогічними кліматоутворюючими умовами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6.-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Мінбуд України. Київ. 2006. 70 с.
2. ДСТУ -Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Мінрегіонбуд України. Київ. 2011. 127 с.
3. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Мінрегіон України. Київ. 2014. 55 с.
4. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Міністерство розвитку громад та територій України. Київ.2022. 27 с.
5. Сергейчук О.В. Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огороджуваних конструкцій будинків. Навч. посібник/Сергейчук О.В. – К.: Такі справи, 1999. – 156 с.
6. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б. та інші. Будівельне матеріалознавство: Підручник/Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б. та ін. – К.: ТОВ УВПК Екс.об., 2006, 704 с.
7. Основи будівельної фізики // Гетун, Г.В. Архітектура будівель та споруд : підручник : затверджено МОН України. Кн. 1 : Основи проектування. – Київ : Кондор, 2012. – С.135-304.