



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**НАСТАНОВА З РОЗРАХУНКОВОЇ ОЦІНКИ
ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО СТАНУ
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013

Київ
Мінрегіон України
2014

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій", ТК 302 "Енергоефективність будівель і споруд", ПК 3 "Освітленість та інсоляція приміщень"

РОЗРОБНИКИ: **Г. Фаренюк**, д-р техн. наук (науковий керівник); **Є. Колесник**; **В. Ральчук**;
Є. Фаренюк

ЗА УЧАСТЮ:

Київський національний університет будівництва і архітектури (**О. Сергейчук**, д-р техн. наук)

Харківська національна академія міського господарства (**Л. Гапонова**, канд. техн. наук)

Полтавський національний технічний університет ім. Ю.Кондратюка (**О. Борисенко**)

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ:

наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 13.08.2013 р. № 384, чинний з 2014-01-01

3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

**Право власності на цей документ належить державі.
Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений,
тиражований і розповсюджений як офіційне видання без дозволу
Міністерства регіонального розвитку, будівництва
та житлово-комунального господарства України**

ЗМІСТ

	С.
Вступ	IV
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	1
3 Терміни та визначення понять	1
4 Методичні положення та алгоритм розрахунків тепловологісного стану огороджувальних конструкцій	2
5 Конструктивні заходи щодо забезпечення нормального тепловологісного стану огороджувальних конструкцій	13
Додаток А	
Алгоритм визначення тепловологісного стану огороджувальних конструкцій	14
Додаток Б	
Залежність тиску насиченої водяної пари від температури повітря	15
Додаток В	
Приклади розрахунку тепловологісного стану сучасних огороджувальних конструкцій	17

ВСТУП

Цей стандарт встановлює правила розрахунку тепловологісного стану огорожувальних конструкцій на стадії проектування.

В основу методичних положень цієї настанови покладено методику європейського стандарту EN ISO 13788:2001 Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation – Calculation methods (Тепловологісні характеристики будівельних деталей і елементів. Визначення температури внутрішньої поверхні задля уникнення критичної вологості на поверхні і внутрішньої конденсації. Методи розрахунку)

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

НАСТАНОВА З РОЗРАХУНКОВОЇ ОЦІНКИ ТЕПЛОЛОГІСНОГО СТАНУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

РУКОВОДСТВО ПО РАСЧЕТНОЙ ОЦЕНКЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

MANUAL ON DESIGN EVALUATION OF HEAT AND HUMIDITY CONDITIONS
OF BUILDING ENVELOPES

Чинний від 2014-01-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Цей стандарт спрямований на реалізацію положень ДБН В.2.6-31 і відповідно до Закону України "Про будівельні норми" є обов'язковим до застосування.

1.2 Положення цього стандарту дозволять вирішити питання щодо забезпечення теплової безпеки при експлуатації будинків та споруд, що сприятиме вирішенню проблеми енергозбереження протягом всього строку експлуатації будівель.

1.3 Цей стандарт застосовується юридичними та фізичними особами (незалежно від форм власності), які здійснюють діяльність щодо енергозбереження під час проектування нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту (термомодернізації) та проведення енергетичного обстеження будинків.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні акти і нормативні документи:

ДБН В.2.6-31:20XX¹⁾ Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель

ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія

ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті використано терміни, що означають поняття, визначені відповідно до ДБН В.2.6-31:

3.1 теплопровідність, коефіцієнт паропроникності, коефіцієнт тепловіддачі, опір теплопередачі, термічно однорідна огорожувальна конструкція.

¹⁾ На розгляді

4 МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКІВ ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО СТАНУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

4.1 Загальні положення

4.1.1 При проектуванні зовнішніх огороджень слід вживати заходів щодо:

- запобігання можливості зволоження матеріалів огороджувальної конструкції;
- уникнення можливості конденсації водяної пари на внутрішній поверхні огороджувальної конструкції;
- запобігання можливості конденсації водяної пари в товщі огороджувальної конструкції;
- забезпечення умови від'ємного або нульового річного балансу вологи в товщі огороджувальних конструкцій (умови виведення за період вологовіддачі всієї вологи, що сконденсувалася за період вологонакопичення).

4.1.2 У даному стандарті використовуються наступні поняття:

одношарові конструкції – конструкції, що складаються з одного основного шару конструкційних матеріалів (цегла, бетони тощо) та можливим опорядженням тонкошаровими штукатурками товщиною до 10 мм;

багатошарові конструкції – конструкції, що складаються з двох та більше шарів матеріалів.

4.2 Порядок розрахунку тепловологісного стану одношарових конструкцій

4.2.1 Згідно з ДБН В.2.6-31 для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків обов'язкове виконання умови:

$$\Delta w \leq \Delta w_d, \quad (1)$$

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 згідно з таблицею 8 ДБН В.2.6-31 залежно від виду матеріалу.

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

$$W_{зп} \leq W_{лп}, \quad (2)$$

де $W_{зп}$ – кількість накопиченої в товщі огороджувальної конструкції вологи, що сконденсувалася за період вологонакопичення року, $\text{кг}/\text{м}^2$;

$W_{лп}$ – кількість вологи, що випаровується з огороджувальної конструкції за період вологовіддачі року, $\text{кг}/\text{м}^2$.

4.2.3 Розрахунок тепловологісного стану огороджувальних конструкцій будинків та споруд слід виконувати графоаналітичним методом або за допомогою спеціального програмного забезпечення для типових конструктивних рішень огороджувальних конструкцій будинку. Розрахунок проводиться за стаціонарними умовами дифузії водяної пари. При цьому прийняті наступні допущення:

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

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

4.2.4.1 Визначають опори паропроникненню кожного шару R_{ex} та конструкції в цілому R_{Σ} , ($\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$)/ мг , за наступними формулами:

$$R_{e\Sigma} = \sum_{j=1}^n \frac{\delta_j}{\mu_j}, \quad (3)$$

$$R_{ex} = \sum_{j=1}^m \frac{\delta_j}{\mu_j} + \frac{x - \sum_{j=1}^m \delta_j}{\mu_{(m+1)}}, \quad (4)$$

- де n – загальна кількість шарів у конструкції;
 m – кількість повних шарів від внутрішньої поверхні до перерізу x ;
 δ_j – товщина j -го шару, м ;
 x – відстань між внутрішньою поверхнею огорожі та розрахунковою площиною, м ;
 μ_j – коефіцієнт паропроникності матеріалу j -го шару, $\text{мг}/(\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па})$, що визначають відповідно до таблиці А.1 ДСТУ Б В.2.6-189;
 $\mu_{(m+1)}$ – коефіцієнт паропроникності матеріалу шару, $\text{мг}/(\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па})$, в якому розташований переріз x .

4.2.4.2 Визначають розрахункові значення температури t_b , $^{\circ}\text{C}$, та відносної вологості φ_b , %, внутрішнього повітря (додаток Г ДБН В.2.6-31).

4.2.4.3 Визначають розрахункові значення температури t_3 , $^{\circ}\text{C}$, та відносної вологості φ_3 , %, зовнішнього повітря, як кліматичні параметри січня згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27.

4.2.4.4 Визначають розподіл температур $t(x)$, $^{\circ}\text{C}$, по товщині конструкції за формулою:

$$t(x) = t_b - \frac{t_b - t_3}{R_{\Sigma}} \left(\frac{1}{\alpha_b} + R_x \right), \quad (5)$$

- де t_b – внутрішня температура приміщення, $^{\circ}\text{C}$, яку визначають у залежності від призначення приміщення відповідно до таблиці Г.2 ДБН В.2.6-31 або проектної документації будинку;
 t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, яку визначають відповідно до таблиці 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27 в залежності від регіону України, для якого проводиться розрахунок, як середня місячна температура повітря;
 R_{Σ} – опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
 α_b – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, приймають згідно з додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189;
 R_x – опір теплопередачі частини огорожувальної конструкції, що розташована між внутрішньою поверхнею та площиною, для якої проводиться розрахунок, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
 x – те саме, що у формулі (4).

Примітка. Розрахунок опорів теплопередачі R_{Σ} і R_x проводиться відповідно до додатка И ДБН В.2.6-31.

4.2.4.5 Визначають парціальний тиск насиченої водяної пари E , Па , на внутрішній E_b та зовнішній E_3 поверхнях огорожувальної конструкції та розподіл парціального тиску насиченої водяної пари по товщині конструкції E_x за розподілом $t(x)$ згідно з таблицею Б.1.

4.2.4.6 У довільному масштабі викреслюють умовний переріз огорожувальної конструкції, в якому товщина кожного шару дорівнює його значенню опору паропроникненню (таблиця 1).

4.2.4.7 На осі, що паралельна лініям меж шарів, задають шкалу парціального тиску p , Па , та будують розподіл E_x , точки якого з'єднуються за допомогою кривої лінії.

Примітка 1. Кількість точок для побудови кривої розподілу E_x береться в розрахунок 11 точок на 1°C перепаду температури по товщині шару.

Примітка 2. У межах штукатурних шарів розподіл E_x будується за допомогою прямих ліній.

4.2.4.8 Визначають парціальні тиски водяної пари e , Па, на внутрішній $e_в$ та зовнішній $e_з$ поверхні конструкції відповідно за формулами:

$$e_в = 0,01 \cdot \varphi_в \cdot E_в, \tag{6}$$

$$e_з = 0,01 \cdot \varphi_з \cdot E_з, \tag{7}$$

4.2.4.9 Отримані значення $e_в$ та $e_з$ відкладають на умовному перерізі у масштабі шкали ρ та з'єднують відрізком прямої – лінією e .

4.2.5 У разі, якщо лінії E і e не перетинаються, то конденсація водяної пари в товщі огорожувальної конструкції відсутня і умови (1) та (2) слід вважати виконаними.

4.2.6 У разі, якщо лінії E та e перетинаються, то в товщі конструкції утворюється зона конденсації водяної пари, подальший розрахунок проводять за наступною методикою.

4.2.7 З точок $e_в$ та $e_з$ проводять дотичні до лінії E . Точки дотику позначають як $\rho_в$ та $\rho_з$ відповідно.

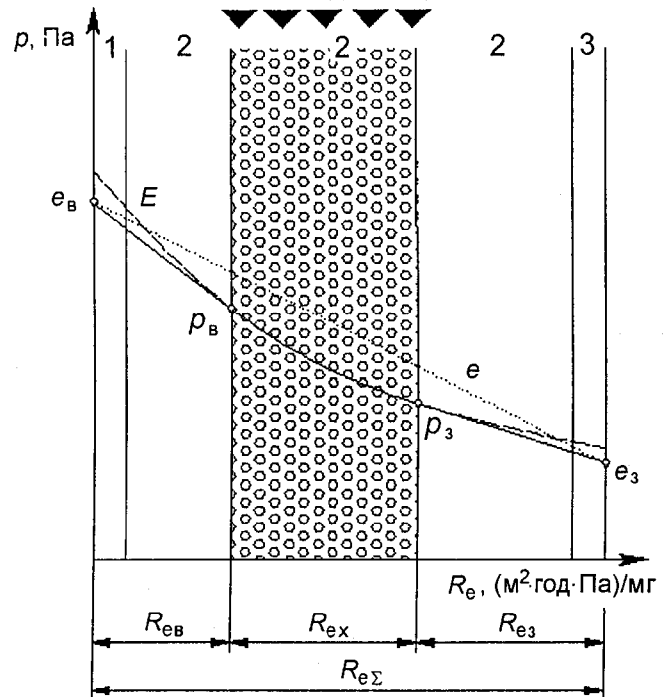
4.2.7.1 Якщо точки дотику не збігаються ($\rho_в \neq \rho_з$), то лінією розрахункового розподілу парціального тиску водяної пари в товщі конструкції буде ламана $e_в \rho_в \rho_з e_з$, а зона конденсації представлятиме собою шар, що знаходиться між точками $\rho_в$ і $\rho_з$.

4.2.8 Для зони конденсації виконують розрахунок приросту вологи за період τ , год, розрахункового місяця року. Формули для визначення кількості накопиченої огорожувальною конструкцією вологи за розрахунковий місяць W , кг/м², для можливих варіантів зон конденсації наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розрахункові формули для визначення кількості накопиченої шарами одношарової огорожувальної конструкції вологи, що сконденсувалася за розрахунковий місяць

Ч.ч.	Розрахункова схема	Розрахункові формули
1		1. Конденсація водяної пари в товщі конструкції відсутня

Кінець таблиці 1

Ч.ч.	Розрахункова схема	Розрахункові формули
2	<p style="text-align: center;">Зона конденсації</p> 	<p>2. Зона конденсації – шар 2.</p> <p>Кількість водяної пари i_B, мг/(м²·год), що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення, дорівнює:</p> $i_B = \frac{e_B - p_B}{R_{eB}}$ <p>Кількість водяної пари i_3, мг/(м²·год), що виводиться назовні із зони конденсації, дорівнює:</p> $i_3 = \frac{p_3 - e_3}{R_{e3}}$ <p>Кількість вологи W, кг/м², що конденсується в конструкції за розрахунковий місяць:</p> $W = \tau (i_B - i_3) \cdot 10^{-6}$

4.2.9 У випадку наявності конденсації водяної пари при розрахунку для найбільш холодного місяця року згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 аналогічні графічні побудови слід робити для всіх місяців року, в яких має місце конденсація вологи в товщі огорожі. Ці місяці складають період накопичення вологи у конструкції.

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

4.2.11 Розрахунок приросту вологи Δw , %, у шарі матеріалу, у якому відбувається конденсація вологи, виконують за формулою:

$$\Delta w = \frac{W_{зп}}{\delta_k \rho_k} 100 \%, \tag{8}$$

- де δ_k – товщина шару матеріалу, у якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, м;
- ρ_k – густина шару матеріалу, в якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, кг/м³.

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

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

4.2.13.1 При побудові лінії падіння парціального тиску значення p_k відкладається посередині шару, а зона конденсації – шар, замінюється на зону конденсації – площину (таблиця 2).

4.2.13.2 Якщо парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря e_v буде більше ніж тиск насиченої водяної пари в зоні конденсації p_k та кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації менше ніж видаляється, процес випаровування вологи слід вважати таким, що йде тільки у напрямі до зовнішнього повітря.

4.2.13.3 Якщо парціальні тиски водяної пари внутрішнього повітря e_v та зовнішнього повітря e_3 менше ніж тиск насиченої водяної пари в зоні конденсації p_k , процес випаровування вологи слід вважати таким, що йде в обох напрямках.

4.2.14 Алгоритм розрахунку кількості вологи, що випаровується за розрахунковий місяць періоду вологовіддачі для найбільш розповсюджених варіантів конструкцій, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Розрахункові формули для визначення кількості вологи, що випаровується за розрахунковий місяць періоду вологовіддачі

Ч.ч.	Розрахункова схема	Розрахункові формули
1	<p style="text-align: center;">Зона випаровування</p> <p>The diagram shows a wall with three layers labeled 1, 2, and 3. A condensation zone is located within layer 2, where the partial vapor pressure p_v equals the saturation vapor pressure p_k and the external partial vapor pressure p_3. The internal partial vapor pressure is e_v and the external is e_3. The equivalent air layer resistance is R_e in $(m^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па})/mg$. The resistance of the condensation zone is $R_{e\Sigma}$, the resistance from the interior to the condensation zone is R_{ev}, and the resistance from the condensation zone to the exterior is R_{e3}. A downward arrow indicates the condensation zone, and arrows point from it towards both the interior and exterior, representing evaporation.</p>	<p>1. Кількість водяної пари i_B, $mg/(m^2 \cdot \text{год})$, що видаляється із зони конденсації в сторону приміщення, дорівнює:</p> $i_B = \frac{p_k - e_v}{R_{ev}}$ <p>2. Кількість водяної пари i_3, $mg/(m^2 \cdot \text{год})$, що виводиться назовні із зони конденсації, дорівнює:</p> $i_3 = \frac{p_k - e_3}{R_{e3}}$ <p>3. Кількість вологи W, kg/m^2, що випаровується з зони конденсації за розрахунковий період, дорівнює:</p> $W = \tau (i_B + i_3) \cdot 10^{-6}$

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

Якщо ж у конструкції залишалась волога, то визначають зону випаровування на початок наступного місяця і кількість вологи у ній. Після цього проводяться розрахунки відповідно до 4.2.13 – 4.2.15 для наступного місяця періоду вологовіддачі.

Розрахунок закінчується місяцем, для якого виконується умова (2). Якщо умова (2) не виконується протягом періоду вологовіддачі, це свідчить, що конструкція не задовольняє вимогам ДБН В.2.6-31.

4.3 Порядок розрахунку тепловологісного стану багат шарових конструкцій

4.3.1 Розрахунок тепловологісного стану багат шарових конструкцій виконують аналогічно розрахунку тепловологісного стану одношарових конструкцій з наступними допущеннями:

- розрахунок проводиться за стаціонарними умовами дифузії водяної пари;
- конструкція є плоскою та термічно однорідною;
- опори паропереходу внутрішньої та зовнішньої поверхонь конструкції дорівнюють нулю;
- у межах однорідного шару конструкції парціальний тиск насиченої водяної пари змінюється за лінійним законом;
- якщо має місце конденсація вологи в товщі конструкції, то вона триває або на межі двох сусідніх шарів (зона конденсації – площина), або зона конденсації має товщину, що дорівнює товщині певного шару (зона конденсації – шар).
- опір паропроникності замкнутого повітряного прошарку в конструкції дорівнює нулю.

4.3.2 Виконують розрахунки згідно з 4.2.1, 4.2.2, 4.2.4 та 4.2.4.1-4.2.4.4.

4.3.2.1 Визначають парціальний тиск насиченої водяної пари E , Па, на внутрішній E_B та зовнішній E_3 поверхнях огорожувальної конструкції та на всіх інших межах шарів E_x за розподілом $t(x)$ згідно з таблицею Б.1.

4.3.2.2 У довільному масштабі викреслюють умовний переріз огорожувальної конструкції, в якому товщина кожного шару дорівнює його значенню опору паропроникненню (таблиця 3).

4.3.2.3 На осі, що паралельна лініям меж шарів, задають шкалу парціального тиску p , Па, та на відповідних межах відкладають значення E_x . Ці значення з'єднують ламаною лінією E .

4.3.2.4 Визначають парціальні тиски водяної пари e , Па, на внутрішній e_B та зовнішній e_3 поверхнях огорожі відповідно за формулами:

$$e_B = 0,01 \cdot \varphi_B \cdot E_B, \quad (6)$$

$$e_3 = 0,01 \cdot \varphi_3 \cdot E_3. \quad (7)$$

4.3.2.5 Отримані значення e_B та e_3 відкладають на умовному перерізі у масштабі шкали p та з'єднують відрізком прямої – лінією e .

4.3.3 У разі, якщо лінії E і e не перетинаються, як показано в ч.ч.1 таблиці 3, то конденсація водяної пари в товщі огорожувальної конструкції відсутня, і умови (1) та (2) слід вважати виконаними.

4.3.4 У разі, якщо лінії E та e перетинаються (ч.ч. 2-4 таблиці 3), то в товщі конструкції утворюється зона (або зони) конденсації водяної пари, подальший розрахунок проводять за наступною методикою.

4.3.5 З точок e_B та e_3 проводять дотичні до лінії E . Точки дотику позначають як p_B та p_3 відповідно.

4.3.5.1 Якщо точки дотику збігаються ($p_B = p_3 = p_K$), то ламана $e_B p_K e_3$ є лінією розрахункового розподілу парціального тиску водяної пари в товщі конструкції, а зона конденсації представлятиме собою площину, що проходить через точку p_K .

4.3.5.2 Якщо точки дотику не збігаються ($p_B \neq p_3$), але вони належать одній ланці лінії E , то лінією розрахункового розподілу парціального тиску водяної пари в товщі конструкції буде ламана $e_B p_B p_3 e_3$, а зона конденсації представлятиме собою шар, що знаходиться між точками p_B і p_3 .

4.3.5.3 Якщо точки дотику обох дотичних не збігаються ($p_B \neq p_3$) та знаходяться на різних ланках лінії E , то в товщі огорожі утворюються окремі ізольовані зони конденсації водяної пари.

4.3.6 Для зони (або зон) конденсації виконують розрахунок приросту вологи за період τ , год, розрахункового місяця року. Формули для визначення кількості накопиченої огорожувальною конструкцією вологи за розрахунковий місяць W , кг/м², для можливих варіантів зон конденсації наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Розрахункові формули для визначення кількості накопиченої шарами багат шарової огорожувальної конструкції вологи, що сконденсувалася за розрахунковий місяць

Ч.ч.	Розрахункова схема	Розрахункові формули
1		<p>1. Конденсація водяної пари в товщі конструкції відсутня</p>
2		<p>1. Зона конденсації – площина між шарами 2 та 3.</p> <p>2. Кількість водяної пари i_B, мг/(м²·год), що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення:</p> $i_B = \frac{e_B - p_k}{R_{eB}}$ <p>3. Кількість водяної пари i_3, мг/(м²·год), що виводиться назовні із зони конденсації:</p> $i_3 = \frac{p_k - e_3}{R_{e3}}$ <p>4. Кількість вологи W, кг/м², що конденсується в конструкції за розрахунковий місяць:</p> $W = \tau (i_B - i_3) \cdot 10^{-6}$

Продовження таблиці 3

Ч.ч.	Розрахункова схема	Розрахункові формули
3	<p style="text-align: center;">Зона конденсації 1 Зона конденсації 2</p>	<p>1. Зони конденсації – дві площини між шарами 1 і 2 та 3 і 4.</p> <p>2. Кількість водяної пари i_B, мг/(м²·год), що надходить до зони конденсації 1 зі сторони приміщення, дорівнює:</p> $i_B = \frac{e_B - p_B}{R_{eB}}$ <p>3. Кількість водяної пари i_X, мг/(м²·год), що виводиться від зони конденсації 1 і одночасно надходить до зони конденсації 2, дорівнює:</p> $i_X = \frac{p_B - p_3}{R_{eX}}$ <p>4. Кількість водяної пари i_3, мг/(м²·год), що виводиться назовні із зони конденсації 2, дорівнює:</p> $i_3 = \frac{p_3 - e_3}{R_{e3}}$ <p>5. Кількість вологи W, кг/м², що конденсується в конструкції за розрахунковий період у зоні конденсації 1:</p> $W_{зп1} = \tau (i_B - i_X) \cdot 10^{-6};$ <p>у зоні конденсації 2:</p> $W_{зп2} = \tau (i_X - i_3) \cdot 10^{-6}.$ <p>6. Загальна кількість вологи W, кг/м², що конденсується в конструкції за розрахунковий період:</p> $W = W_{зп1} + W_{зп2}.$

Кінець таблиці 3

Ч.ч.	Розрахункова схема	Розрахункові формули
4	<p style="text-align: center;">Зона конденсації 1 Зона конденсації 2</p> <p style="text-align: center;">$R_e, (m^2 \cdot год \cdot Па) / мг$</p>	<p>1. Зони конденсації – площина між шарами 1 та 2 і шар 4.</p> <p>2. Кількість водяної пари i_v, мг/(м²·год), що надходить до зони конденсації 1 зі сторони приміщення, дорівнює:</p> $i_v = \frac{e_v - p_v}{R_{ev}}$ <p>3. Кількість водяної пари i_x, мг/(м²·год), що виводиться від зони конденсації 1 і одночасно надходить до зони конденсації 2, дорівнює:</p> $i_x = \frac{p_v - p_{k2}}{R_{ex1}}$ <p>4. Кількість водяної пари i_3, мг/(м²·год), що виводиться назовні із зони конденсації 2, дорівнює:</p> $i_3 = \frac{p_3 - e_3}{R_{e3}}$ <p>5. Кількість вологи W, кг/м², що конденсується в конструкції за розрахунковий період у зоні конденсації 1:</p> $W_{зп1} = \tau (i_v - i_x) \cdot 10^{-6};$ <p>у зоні конденсації 2:</p> $W_{зп2} = \tau (i_x - i_3) \cdot 10^{-6}.$ <p>6. Загальна кількість вологи W, кг/м², що конденсується в конструкції за розрахунковий період:</p> $W = W_{зп1} + W_{зп2}.$
<p>Примітка. Якщо між точками p_v та p_3 існують інші точки дотику лінії розрахункового розподілу парціального тиску до лінії E, то за аналогічними формулами послідовно розраховуються значення i_x між сусідніми точками дотику, починаючи з точки p_v, до точки p_3. Після чого розраховується кількість вологи, що конденсується в конструкції за розрахунковий період.</p>		

4.3.7 У випадку наявності конденсації водяної пари при розрахунку для найбільш холодного місяця року згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 аналогічні графічні побудови слід робити для всіх місяців року, в яких має місце конденсація вологи в товщі огорожі. Ці місяці складають період накопичення вологи у конструкції.

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

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

$$\Delta W = \frac{W_{зп}}{\delta_k \rho_k} \cdot 100 \% , \quad (8)$$

де δ_k – товщина шару матеріалу, у якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, м;
 ρ_k – густина шару матеріалу, в якому відбувається накопичення вологи, що конденсується, кг/м³.

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

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

4.3.12 Будується лінія падіння парціального тиску в товщі огорожі $e_b E_1 E_2 \dots E_j \dots E_N e_3$, де $E_1, E_2, \dots, E_j, \dots, E_N$ – тиски насиченої водяної пари у відповідних зонах конденсації, N – кількість зон конденсації у товщі огорожі.

Примітка. Якщо j -та зона конденсації – шар, то для побудови лінії падіння парціального тиску приймається середня температура у шарі, а E_j відкладається посередині шару, а зона конденсації – шар замінюється на зону конденсації – площину.

4.3.12.1 За умови, якщо парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря e_b буде більше ніж тиск насиченої водяної пари в зоні конденсації p_k та кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації менше ніж видаляється, процес випаровування вологи слід вважати таким, що йде тільки у напрямку до зовнішнього повітря.

4.3.12.2 За умови, якщо парціальні тиски водяної пари внутрішнього повітря e_b та зовнішнього повітря e_3 менше ніж тиск насиченої водяної пари в зоні конденсації p_k , то процес випаровування вологи слід вважати таким, що йде в обох напрямках.

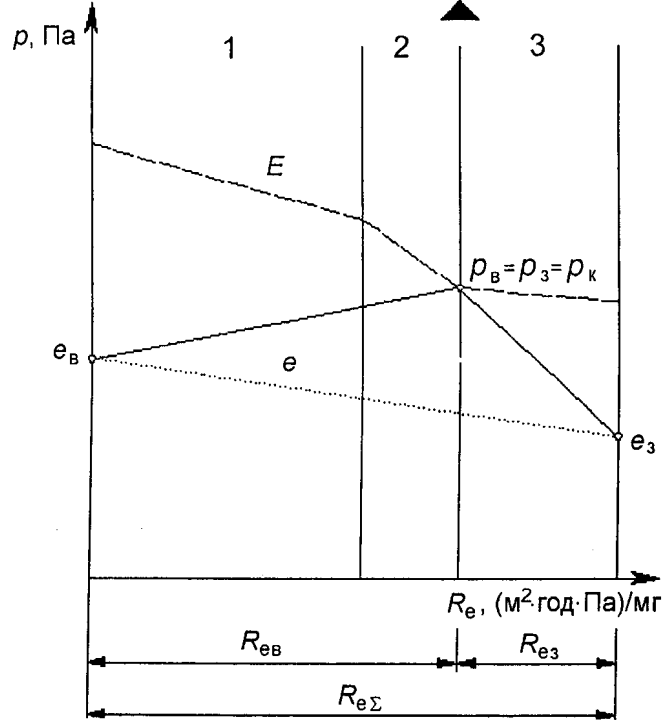
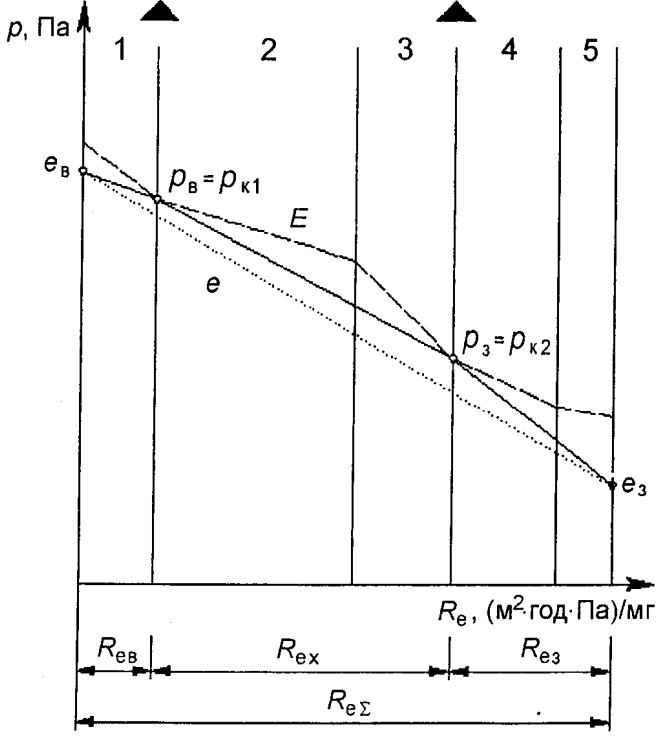
4.3.13 Алгоритм розрахунку кількості вологи, що випаровується за розрахунковий місяць періоду вологовіддачі для найбільш розповсюджених варіантів конструкцій, наведено в таблиці 4.

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

4.3.15 Якщо ж у конструкції залишалась волога, то визначають зони конденсації на початок наступного місяця і кількість вологи у кожній зоні. Після цього проводять розрахунок згідно з 4.3.9 – 4.3.13 для наступного місяця періоду вологовіддачі.

4.3.16 Розрахунок закінчується місяцем, для якого виконується умова (2). Якщо умова (2) не виконується протягом періоду вологовіддачі, це свідчить, що конструкція не задовольняє вимогам ДБН В.2.6-31.

Таблиця 4 – Розрахункові формули для визначення кількості вологи, що випаровується за розрахунковий місяць періоду вологовіддачі

Ч.ч.	Розрахункова схема	Розрахункові формули
1	<p style="text-align: center;">Зона випаровування</p> 	<p>1. Кількість водяної пари i_B, мг/(м²·год), що видаляється із зони конденсації в сторону приміщення, дорівнює:</p> $i_B = \frac{p_K - e_B}{R_{eB}}$ <p>2. Кількість водяної пари i_3, мг/(м²·год), що виводиться назовні із зони конденсації, дорівнює:</p> $i_3 = \frac{p_K - e_3}{R_{e3}}$ <p>3. Кількість вологи W, кг/м², що випаровується з зони конденсації за розрахунковий період:</p> $W = \tau (i_B + i_3) \cdot 10^{-6}$
2	<p style="text-align: center;">Зона випаровування 1 Зона випаровування 2</p> 	<p>1. Кількість водяної пари, що видаляється із зони випаровування 1 в сторону приміщення, дорівнює нулю, оскільки $e_B > p_{K1}$.</p> <p>2. Кількість водяної пари i_B, мг/(м²·год), що надходить до зони випаровування 1 з приміщення, дорівнює:</p> $i_B = \frac{e_B - p_{K1}}{R_{eB}}$ <p>3. Кількість водяної пари i_X, мг/(м²·год), що виходить із зони випаровування 1, дорівнює:</p> $i_X = \frac{p_{K1} - p_{K2}}{R_{eX}}$ <p>4. Кількість водяної пари i_3, мг/(м²·год), що виходить із зони випаровування 2, дорівнює:</p> $i_3 = \frac{p_{K2} - e_3}{R_{e3}}$ <p>5. Кількість вологи W, кг/м², що випаровується з конструкції за розрахунковий період:</p> $W = \tau (i_3 - i_B) \cdot 10^{-6}$

Кінець таблиці 4

Ч.ч.	Розрахункова схема	Розрахункові формули
3	<p>Зона випаровування 1 Зона випаровування 2</p> <p>The diagram illustrates a multi-layered building envelope with two evaporation zones. The vertical axis represents partial vapor pressure p in Pa, and the horizontal axis represents equivalent air layer thickness R_e in $(\text{m}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}) / \text{мг}$. Zone 1 (left) and Zone 2 (right) are separated by a central construction layer. The diagram shows saturation vapor pressure curves $p_s = p_{k1}$ and $p_s = p_{k2}$, the actual vapor pressure e, and evaporation rates i_v, i_x, and i_3. The total equivalent air layer thickness is $R_{e\Sigma}$, with individual components $R_{eв}$, R_{ex}, and R_{e3}.</p>	<p>1. Кількість водяної пари i_v, $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, що видаляється із зони випаровування 1 в сторону приміщення, дорівнює:</p> $i_v = \frac{p_{k1} - e_v}{R_{eв}}$ <p>2. Кількість водяної пари i_x, $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, що видаляється із зони випаровування 1 назовні, дорівнює</p> $i_x = \frac{p_{k1} - p_{k2}}{R_{ex}}$ <p>3. Кількість водяної пари i_3, $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, що виводиться назовні із зони випаровування 2, дорівнює:</p> $i_3 = \frac{p_{k2} - e_3}{R_{e3}}$ <p>4. Кількість вологи W, $\text{кг}/\text{м}^2$, що випаровується з конструкції за розрахунковий період:</p> $W = \tau(i_v + i_3) \cdot 10^{-6}$

5 КОНСТРУКТИВНІ ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАЛЬНОГО ТЕПЛО-ВОЛОГІСНОГО СТАНУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

5.1 При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку на основі багат шарових конструкцій треба розташовувати з внутрішньої сторони конструкції шари з матеріалів, що мають більш високий опір паропроникненню.

5.2 Для видалення вологи та для запобігання водонакопиченню у товщі конструкції влаштовують (за можливості) вентилявані повітряні прошарки. Вони мають бути розташовані між зовнішнім захисно-опоряджувальним шаром та шаром теплоізоляції.

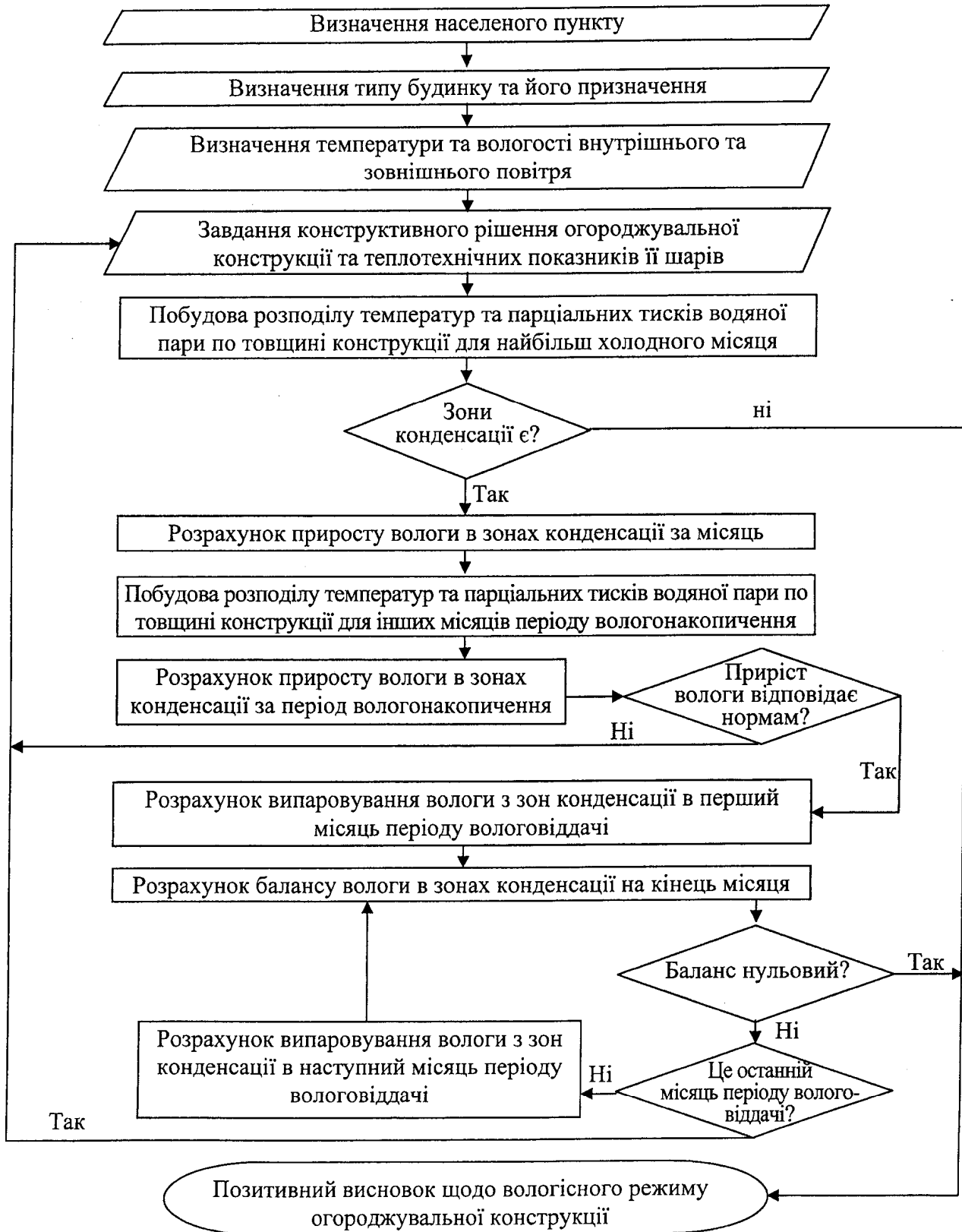
5.3 Для традиційних суміщених покриттів будинків обов'язковим є встановлення пароізоляційного шару нижче шару утеплювача.

5.3.1 Основним заходом, що виключає конденсацію вологи в суміщених покриттях, є вентиляція їх товщі зовнішнім повітрям. Обов'язковим елементом системи вентиляції покрівель є вентиляційний прошарок, що влаштовується під покрівельним килимом та з'єднується з зовнішнім повітрям через відкриті канали по периметру покриття з робочим перерізом площею, що дорівнює $1/500$ площі поверхні покриття.

5.3.2 Зв'язок між внутрішнім повітрям та прошарком недопустимий.

ДОДАТОК А
(довідковий)

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО СТАНУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ



ДОДАТОК Б
(довідковий)

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТИСКУ НАСИЧЕНОЇ ВОДЯНОЇ ПАРИ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

Таблиця Б.1 – Значення тиску насиченої водяної пари E , Па, при різних температурах повітря t , °С, за нормального атмосферного тиску

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

Кінець таблиці Б.1

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

ДОДАТОК В
(довідковий)

**ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОЛОГІСНОГО СТАНУ СУЧАСНИХ
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

В.1 Тепловологісний стан конструкції зовнішньої стіни із фасадною теплоізоляцією та опорядженням цеглою

В.1.1 Вихідні дані

Об'єкт – зовнішня стіна з керамічної повнотілої цегли з фасадною теплоізоляцією на основі утеплювача з мінеральної вати з опорядженням керамічною цеглою житлового будинку в м. Києві.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці В.1.

Таблиця В.1 – Розрахункові характеристики матеріалів у складі огороджувальної конструкції

Шар	Товщина шару δ , м	Густина ρ , кг/м ³	Теплопровідність λ , Вт/(м·К)	Тепловий опір R , (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)	Опір паропроникненню R_e , (м ² ·год·Па)/мг
Кладка з повнотілої цегли	0,25	1800	0,81	0,308	0,11	2,295
Утеплювач з мінеральної вати	0,12	110	0,044	2,727	0,45	0,269
Опорядження з порожнистої цегли	0,125	1600	0,64	0,195	0,14	0,902

В.1.2 Порядок розрахунку

В.1.2.1 Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 визначаються середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря (таблиця В.2).

Таблиця В.2 – Середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря для м. Києва

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °С	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5
Відносна вологість, %	83	79	74	66	62	68	69	68	74	77	84	85

В.1.2.2 Визначається температура та відносна вологість повітря приміщення. Для житлового будинку згідно з ДБН В.2.6-31 вони становитимуть відповідно: $t_B = 20$ °С; $\varphi_B = 55$ %.

В.1.2.3 Згідно з таблицею Б.1 додатка Б визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , за формулами (6) та (7) – парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_B = 2340$ Па, $e_B = 1287$ Па;
- для зовнішнього повітря у січні: $E_3 = 412$ Па, $e_3 = 342$ Па.

В.1.2.4 За формулою (5) розраховується розподіл температур на межах шарів конструкції $t(x)$, як показано на рисунку В.1.

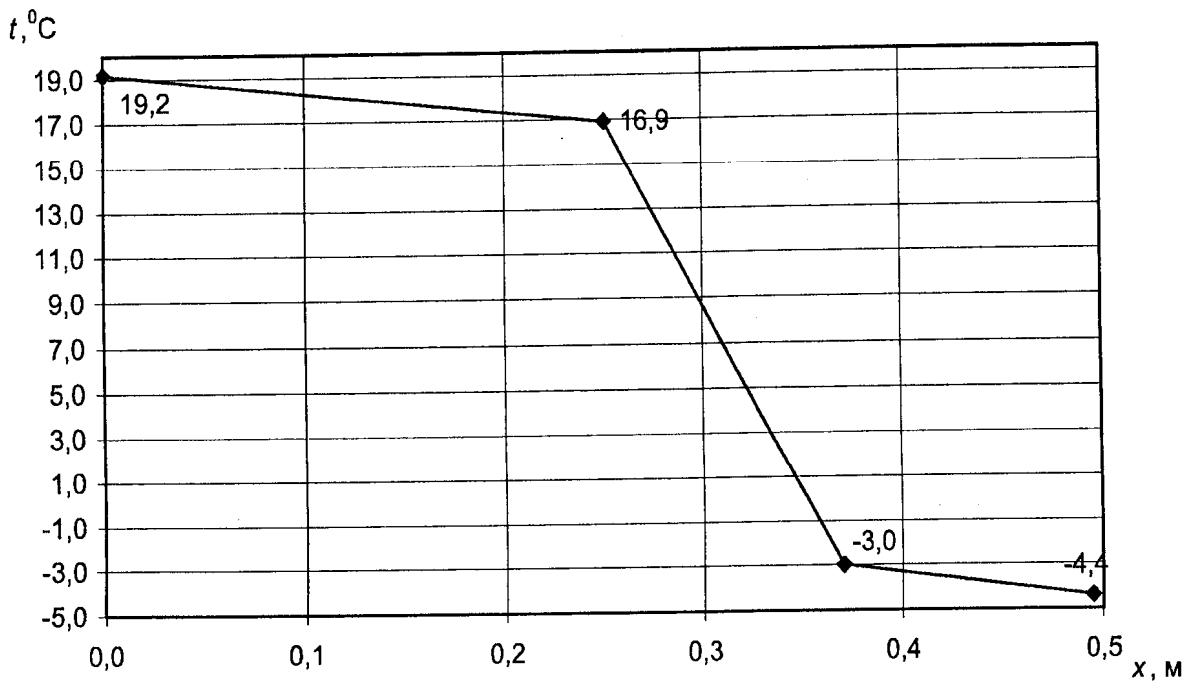


Рисунок В.1 – Розподіл температур у товщі огорожувальної конструкції

В.1.2.5 У масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок В.2).

Оскільки лінії E та e перетинаються, що свідчить про конденсацію вологи в товщі огорожувальної конструкції, будується лінія розрахункового тиску водяної пари e_p . Лінію e_p будують, проводячи дотичні з точок на поверхнях конструкції, що відповідають значенням парціального тиску внутрішнього і зовнішнього повітря до лінії розподілу насиченої водяної пари E .

За розподілом парціальних тисків на рисунку В.2 встановлено, що конденсація відбувається на межі між шаром утеплювача з мінеральної вати та шаром опоряджувальної цегли.

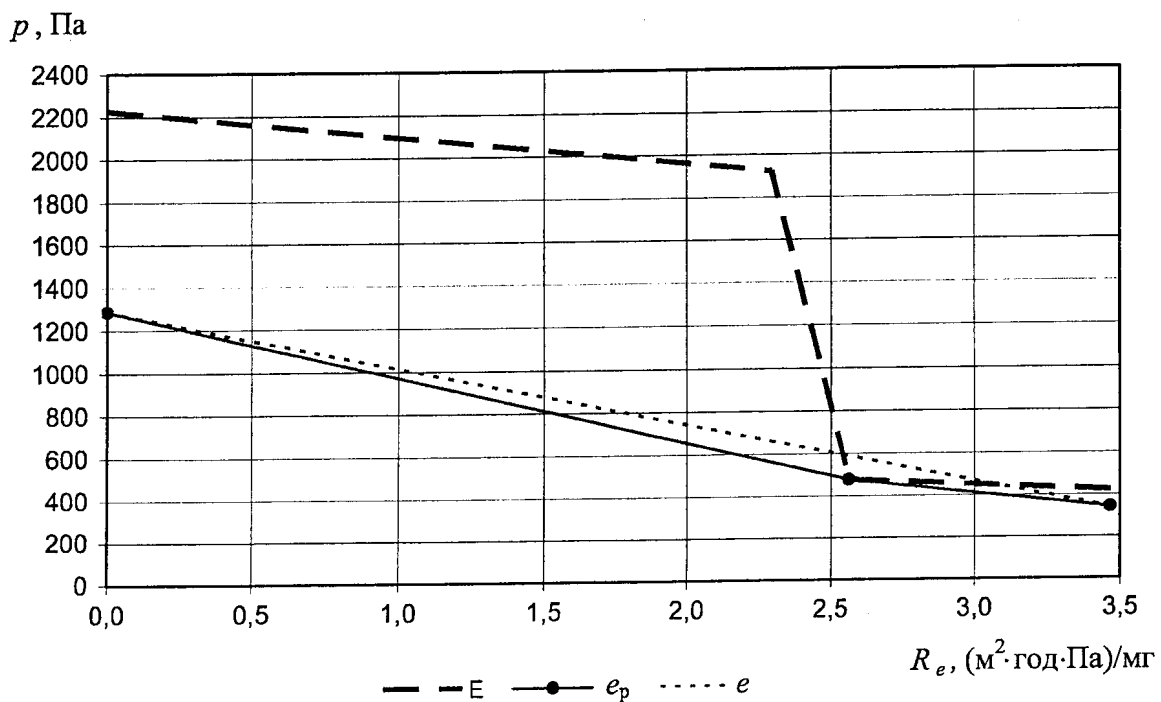


Рисунок В.2 – Розподіл парціальних тисків у товщі огорожувальної конструкції

В.1.2.6 Кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення, дорівнює:

$$i_{\text{в}} = \frac{1287 - 476}{2,295 + 0,269} = 316,68 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.1.2.7 Кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації, дорівнює:

$$i_{\text{р}} = \frac{476 - 342}{0,902} = 148,64 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Отже, кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень, буде дорівнювати:

$$W_{\text{зп}} = \tau \cdot (i_{\text{в}} - i_{\text{з}}) \cdot 10^{-6} = 744 \cdot (316,68 - 148,64) \cdot 10^{-6} = 0,124 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

В.1.2.8 Виконуючи подібні розрахунки для інших місяців періоду вологонакопичення (у даному випадку це – грудень і лютий), отримують значення кількості вологи, що сконденсувалась в огорожувальній конструкції кожного місяця та за весь період вологонакопичення (таблиця В.2).

В.1.2.9 Проводять розрахунки для першого місяця періоду вологовіддачі – березня.

В.1.2.10 Згідно з таблицею Б.1 визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , за формулами (6) та (7) – парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_{\text{в}} = 2340$ Па, $e_{\text{в}} = 1287$ Па;
- для зовнішнього повітря у березні: $E_{\text{з}} = 657$ Па, $e_{\text{з}} = 486$ Па.

В.1.2.11 За формулою (5) розраховується розподіл температур на межах шарів конструкції $t(x)$, як показано на рисунку В.3.

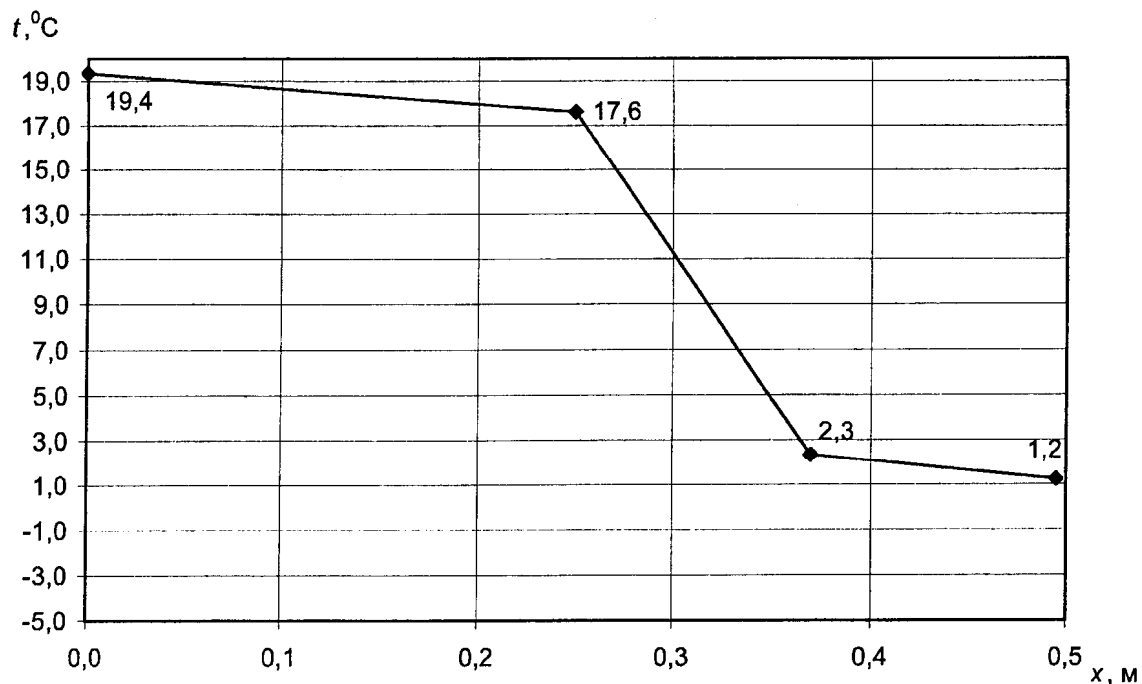


Рисунок В.3 – Розподіл температур у товщі огорожувальної конструкції

В.1.2.12 У масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок В.4).

В.1.2.13 За розподілом парціальних тисків на рисунку В.4 встановлено, що волога, яка сконденсувалась за період вологонакопичення, випаровуватиметься із конструкції лише назовні.

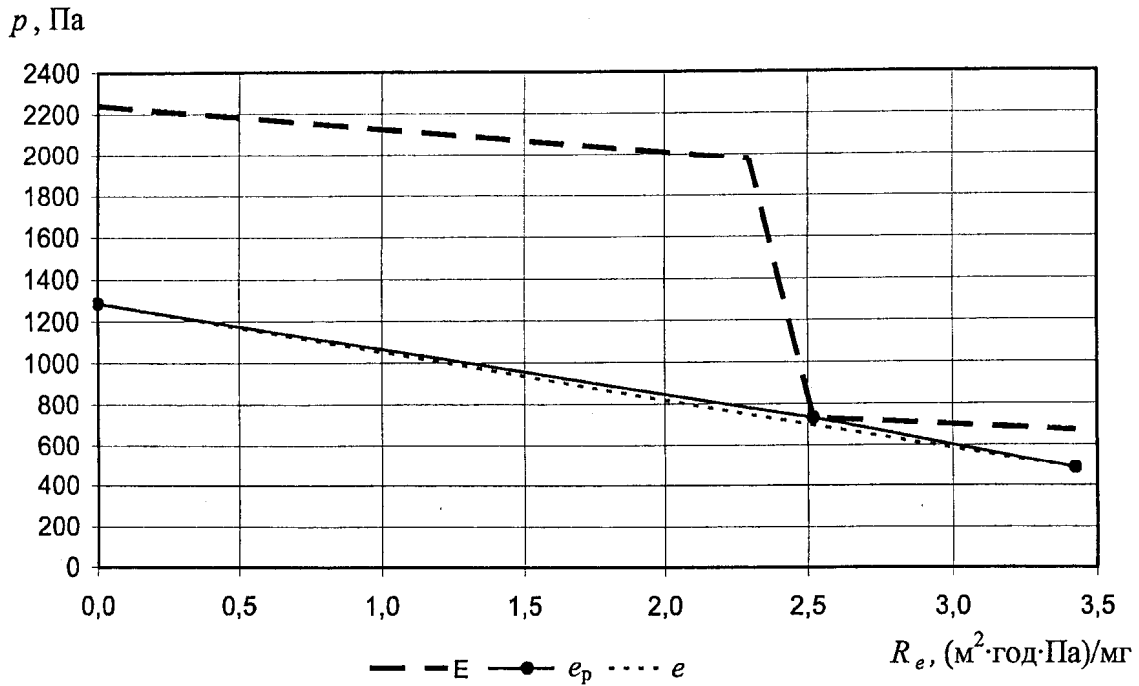


Рисунок В.4 – Розподіл парціальних тисків у товщі огорожувальної конструкції

В.1.2.14 Кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення, дорівнює:

$$i_3 = \frac{1287 - 721}{2,295 + 0,269} = 220,7 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.1.2.15 Кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації, дорівнює:

$$i_3 = \frac{721 - 486}{0,902} = 260,4 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.1.2.16 Кількість вологи, що випаровується з конструкції за березень, дорівнюватиме:

$$W_{\text{лп}} = \tau \cdot (i_3 - i_B) \cdot 10^{-6} = 744 \cdot (260,4 - 220,7) \cdot 10^{-6} = 0,029 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

В.1.2.17 Отже, як видно з розрахунку за березень, випаровується лише $0,029 \text{ кг}/\text{м}^2$ вологи, що менше ніж накопичилось у конструкції за період вологонакопичення. Тому проводиться розрахунок випаровування для наступного місяця – квітня. Результати розрахунку зведені у таблиці В.3.

Таблиця В.3 – Річний баланс вологи в товщі огорожувальної конструкції будинку

Місяць року	Кількість вологи, що сконденсувалась в огорожувальній конструкції, $\text{кг}/\text{м}^2$	Кількість вологи, що випарилась із зони конденсації, $\text{кг}/\text{м}^2$
Грудень	0,089	0
Січень	0,124	0
Лютий	0,085	0
Березень	0	0,029
Квітень	0	0,340
	$\Sigma = 0,298$	$\Sigma = 0,369$

В.1.2.18 За проведеними розрахунками встановлено, що в даній конструкції зовнішньої стіни з фасадною теплоізоляцією та опорядженням цеглою процес конденсації водяної пари відбувається протягом трьох місяців: грудень, січень, лютий. В інші місяці року відбувається процес випаровування вологи, що сконденсувалась. При цьому встановлено, що за перші два місяці після закінчення процесів конденсації (березень, квітень) випаровується вся волога, що сконденсувалась за три зимових місяця, отже виконується умова за формулою (2).

В.1.2.19 Оцінюють збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи, за холодний період року. У даному випадку зволожується шар теплоізоляції з мінеральної вати, оскільки він є прилеглим до зони конденсації з боку внутрішньої поверхні стіни.

$$\Delta w = \frac{0,298}{0,12 \cdot 110} \cdot 100 \% = 2,3 \%$$

Отже, згідно з 6.1 ДБН В.2.6-31 збільшення вологості шару мінеральної вати за період вологонакопичення є допустимим.

В.2 Тепловологісний стан конструкції зовнішньої стіни з опорядженням штукатуркою

В.2.1 Вихідні дані

Об'єкт – зовнішня стіна з ніздрюватого бетону з опорядженням цементно-піщаною штукатуркою будинку з вологим режимом експлуатації приміщень в м. Києві.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці В.4.

Таблиця В.4 – Розрахункові характеристики матеріалів у складі огорожувальної конструкції

Шар	Товщина шару δ , м	Густина ρ , кг/м ³	Теплопровідність λ , Вт/(м·К)	Тепловий опір R , (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт паропрохідності μ , мг/(м·год·Па)	Опір паропрохідності R_e , (м ² ·год·Па)/мг
Цементно-піщаний розчин	0,01	1600	0,81	0,012	0,12	0,083
Стіна з блоків ніздрюватого бетону	0,42	400	0,13	3,231	0,23	1,826
Цементно-піщаний розчин	0,01	1600	0,81	0,012	0,12	0,083

В.2.2 Порядок розрахунку

В.2.2.1 Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 визначаються середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря.

Таблиця В.5 – Середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря для м. Києва

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °С	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5
Відносна вологість, %	83	79	74	66	62	68	69	68	74	77	84	85

В.2.2.2 Визначається температура та відносна вологість повітря приміщення. Для житлового будинку згідно з ДБН В.2.6-31 вони становитимуть відповідно: $t_b = 20$ °С; $\varphi_b = 75$ %.

В.2.2.3 Згідно з таблицею Б.1 додатка Б визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , за формулами (6), (7) – парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_B = 2340$ Па, $e_B = 1755$ Па;
- для зовнішнього повітря у січні: $E_3 = 412$ Па, $e_3 = 342$ Па.

В.2.2.4 За формулою (5) розраховується розподіл температури в конструкції $t(x)$, як показано на рисунку В.5.

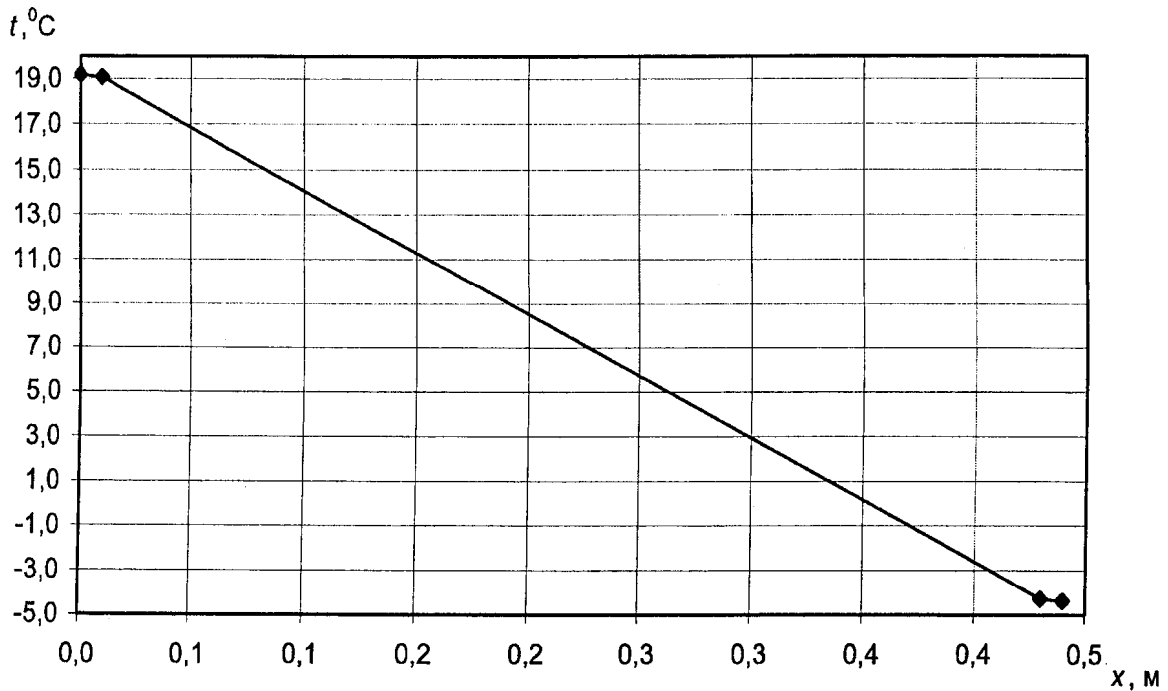


Рисунок В.5 – Розподіл температур у товщі огорджувальної конструкції

В.2.2.5 У масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок В.6).

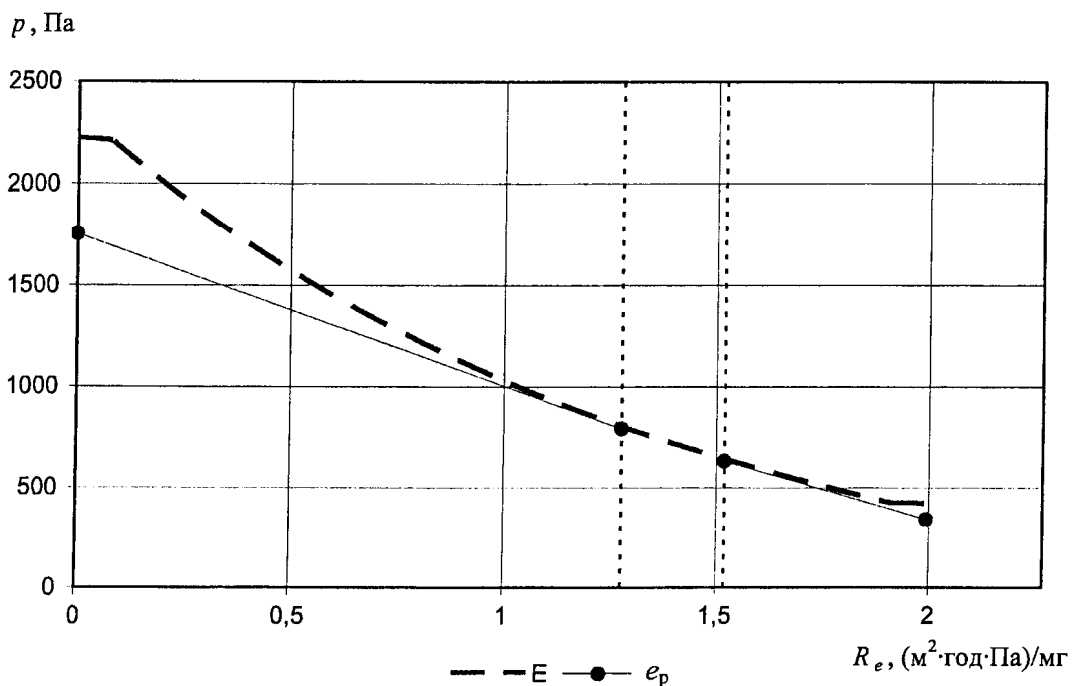


Рисунок В.6 – Розподіл парціальних тисків у товщі огорджувальної конструкції

В.2.2.6 Оскільки лінії E та e перетинаються, що свідчить про конденсацію вологи в товщі огорожі, будується лінія розрахункового тиску водяної пари e_p . При цьому лінію e_p будують, проводячи дотичні з точок на поверхнях конструкції, що відповідають значенням парціального тиску внутрішнього і зовнішнього повітря до лінії розподілу насиченої водяної пари E .

В.2.2.7 За розподілом парціальних тисків на рисунку В.6 встановлено, що конденсація відбувається в товщі шару з ніздрюватого бетону. При цьому зона конденсації являє собою шар.

В.2.2.8 Кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення, дорівнює:

$$i_B = \frac{1755 - 792}{0,083 + 1,196} = 753,19 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.2.2.9 Кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації, дорівнює:

$$i_3 = \frac{630 - 342}{1,993 - 0,083 - 1,437} = 609,14 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Отже, кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень, буде дорівнювати:

$$W_{зп} = \tau \cdot (i_B - i_3) \cdot 10^{-6} = 744 \cdot (753,19 - 609,14) \cdot 10^{-6} = 0,107 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

В.2.2.10 Виконуючи подібні розрахунки для інших місяців періоду вологонакопичення (у даному випадку – це грудень і лютий), отримують значення кількості вологи, що сконденсувалась в огорожувальній конструкції кожного місяця та за весь період вологонакопичення (таблиця В.4).

В.2.2.11 Проводяться розрахунки для першого місяця періоду вологовіддачі – березня.

В.2.2.12 Згідно з таблицею Б.1 визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , за формулами (6), (7) – парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_B = 2340$ Па, $e_B = 1755$ Па;
- для зовнішнього повітря у березні: $E_3 = 657$ Па, $e_3 = 486$ Па.

В.2.2.13 За формулою (5) розраховується розподіл температур на межах шарів конструкції $t(x)$.

В.2.2.14 У масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок В.7).

В.2.2.15 За розподілом парціальних тисків на рисунку В.7 встановлено, що волога, яка сконденсувалась за період вологонакопичення, випаровуватиметься із конструкції лише назовні.

В.2.2.16 Кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення, дорівнює:

$$i_3 = \frac{1755 - 953}{0,083 + 1,317} = 572,69 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.2.2.17 Кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації, дорівнює:

$$i_B = \frac{953 - 486}{1,993 - 0,083 - 1,317} = 787,95 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.2.2.18 Кількість вологи, що випаровується з конструкції за березень, дорівнюватиме:

$$W_{лп} = \tau \cdot (i_3 - i_B) \cdot 10^{-6} = 744 \cdot (787,95 - 572,69) \cdot 10^{-6} = 0,160 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

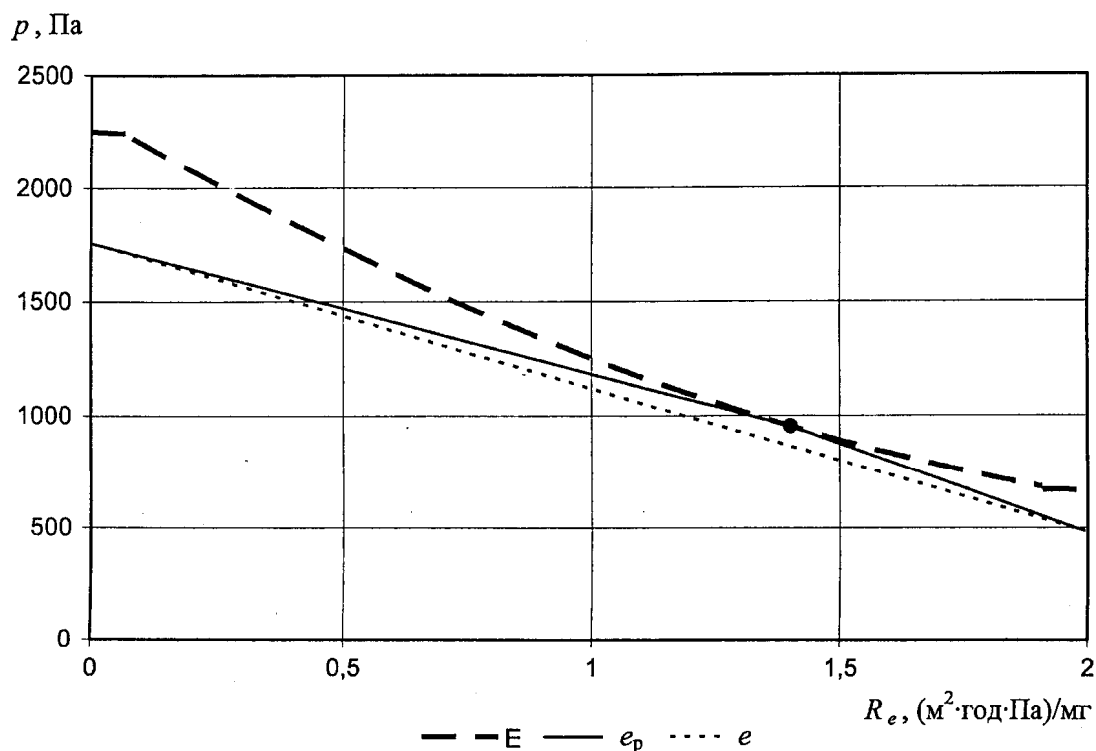


Рисунок В.7 – Розподіл парціальних тисків у товщі огороджувальної конструкції

В.2.2.19 Отже, як видно з розрахунку за березень, випаровується лише 0,160 кг/м² вологи, що менше ніж накопичилось у конструкції за період вологонакопичення. Тому проводиться розрахунок випаровування для наступного місяця – квітня. Результати розрахунку зведені у таблиці В.6.

Таблиця В.6 – Річний баланс вологи в товщі огороджувальної конструкції будинку

Місяць року	Кількість вологи, що сконденсувалась в огороджувальній конструкції, кг/м ²	Кількість вологи, що випарувалась із зони конденсації, кг/м ²
Грудень	0,042	0
Січень	0,107	0
Лютий	0,039	0
Березень	0	0,160
Квітень	0	0,632
	Σ = 0,188	Σ = 0,792

В.2.2.20 За проведеними розрахунками встановлено, що в даній конструкції зовнішньої стіни з ніздрюватого бетону з опорядженням цементно-піщаною штукатуркою процес конденсації водяної пари відбувається протягом трьох місяців: грудень, січень, лютий. В інші місяці року відбувається процес випаровування вологи, що сконденсувалась. При цьому встановлено, що за перші два місяці після закінчення процесів конденсації (березень, квітень) випаровується вся волога, що сконденсувалась за три зимових місяця, отже виконується умова (2).

В.2.2.21 Оцінюють збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи, за холодний період року. У даному випадку зволожується шар ніздрюватого бетону, оскільки саме в його товщі відбувається конденсація.

$$\Delta w = \frac{0,188}{0,42 \cdot 400} \cdot 100 \% = 0,11 \%$$

Отже, згідно з 6.1 ДБН В.2.6-31 збільшення вологості шару ніздрюватого бетону за холодний період року є допустимим.

В.3 Тепловологісний стан конструкції тришарової зовнішньої стіни на основі металевого або дерев'яного каркаса без пароізоляції

В.3.1 Вихідні дані

Об'єкт – зовнішня стіна на основі каркаса з утеплювачем на основі мінеральної вати з опорядженням штукатуркою житлового будинку в м. Києві.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці В.7.

Таблиця В.7 – Розрахункові характеристики матеріалів у складі огороджувальної конструкції

Шар	Товщина шару δ , м	Густина ρ , кг/м ³	Теплопровідність λ , Вт/(м·К)	Тепловий опір R , (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)	Опір паропроникненню R_e , (м ² ·год·Па)/мг
Шар з гіпсокартону	0,012	800	0,21	0,057	0,075	0,16
Деревостружкова плита	0,01	600	0,18	0,055	0,02	0,50
Утеплювач з мінеральної вати	0,12	50	0,042	2,857	0,52	0,231
Деревостружкова плита	0,01	600	0,18	0,055	0,02	0,50
Опорядження штукатуркою	0,01	1600	0,81	0,012	0,12	0,083

В.3.2 Порядок розрахунку

В.3.2.1 Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 визначаються середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря.

Таблиця В.8 – Середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря для м. Києва

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °С	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5
Відносна вологість, %	83	79	74	66	62	68	69	68	74	77	84	85

В.3.2.2 Визначається температура та відносна вологість повітря приміщення. Для житлового будинку згідно з ДБН В.2.6-31 вони становитимуть відповідно: $t_b = 20$ °С; $\varphi_b = 55$ %.

В.3.2.3 Згідно з таблицею Б.1 визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , за формулами (6), (7) – парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_b = 2340$ Па, $e_b = 1287$ Па;
- для зовнішнього повітря у січні: $E_3 = 412$ Па, $e_3 = 342$ Па.

В.3.2.4 Згідно з формулою (5) розраховується розподіл температур на межах шарів конструкції $t(x)$, як показано на рисунку В.8.

В.3.2.5 У масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок В.9).

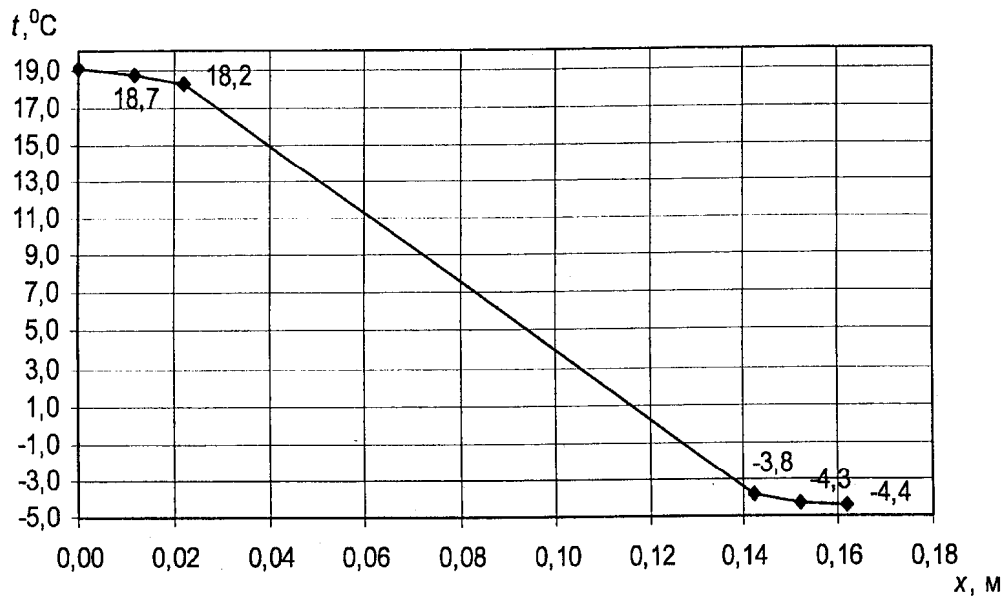


Рисунок В.8 – Розподіл температур у товщі огороджувальної конструкції

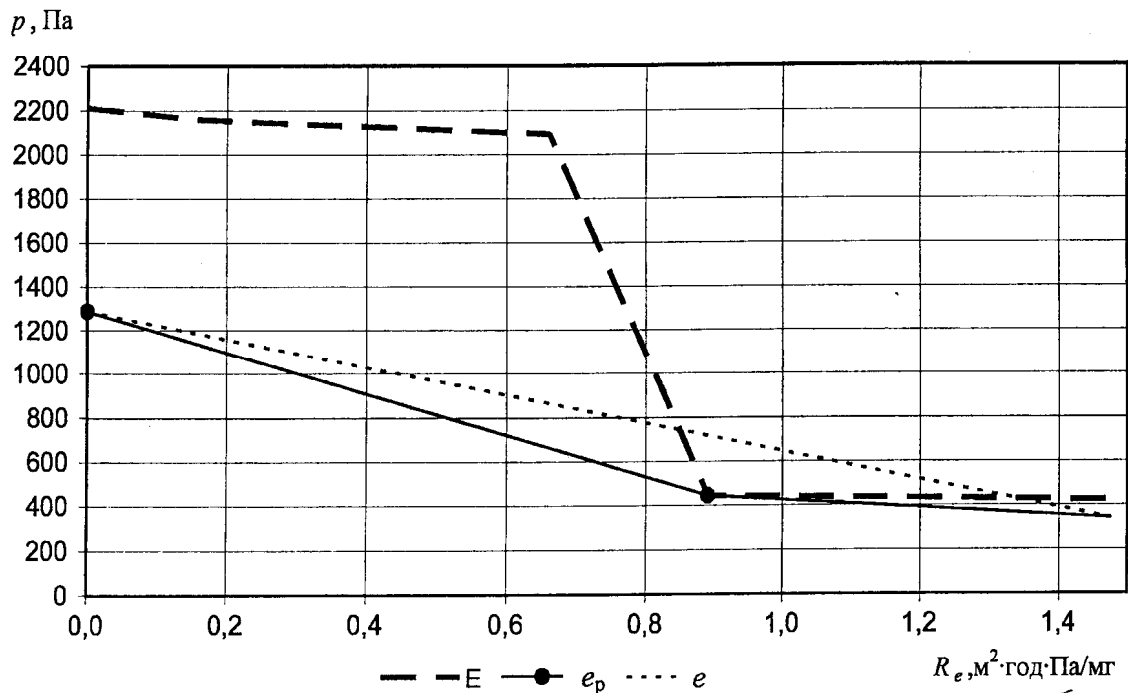


Рисунок В.9 – Розподіл парціальних тисків у товщі огороджувальної конструкції

В.3.2.6 Оскільки лінії E та e перетинаються, що свідчить про конденсацію вологи в товщі огорожі, будується лінія розрахункового тиску водяної пари e_p . При цьому лінію e_p будують, проводячи дотичні з точок на поверхнях конструкції, що відповідають значенням парціального тиску внутрішнього і зовнішнього повітря до лінії розподілу насиченої водяної пари E .

В.3.2.7 За розподілом парціальних тисків на рисунку В.9 встановлено, що конденсація відбувається на межі між шаром утеплювача з мінеральної вати та шаром деревостружкової плити.

В.3.2.8 Кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення, дорівнює:

$$i_B = \frac{1287 - 444}{0,160 + 0,500 + 0,231} = 946,37 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.3.2.9 Кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації, дорівнює:

$$i_3 = \frac{444 - 342}{0,500 + 0,083} = 174,92 \text{ мг/(м}^2 \cdot \text{год)}.$$

Отже, кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень, буде дорівнювати:

$$W_{\text{зп}} = \tau \cdot (i_{\text{в}} - i_3) \cdot 10^{-6} = 744 \cdot (946,37 - 174,92) \cdot 10^{-6} = 0,574 \text{ кг/м}^2.$$

В.3.2.10 Виконуючи подібні розрахунки для інших місяців періоду вологонакопичення (у даному випадку – це листопад, грудень, лютий, березень), отримують значення кількості вологи, що сконденсувалась в огорожувальній конструкції кожного місяця та за весь період вологонакопичення (таблиця В.9).

Таблиця В.9 – Річний баланс вологи в товщі огорожувальної конструкції

Місяць року	Кількість вологи, що сконденсувалась в огорожувальній конструкції, кг/м ²	Кількість вологи, що випарилась із зони конденсації, кг/м ²
Листопад	0,27	0
Грудень	0,48	0
Січень	0,57	0
Лютий	0,48	0
Березень	0,24	0
	Σ = 2,04	Σ = 0

В.3.2.11 За проведеними розрахунками встановлено, що в даній конструкції зовнішньої стіни на основі металевго або дерев'яного каркаса з утеплювачем на основі мінеральної вати з опорядженням штукатуркою процес конденсації водяної пари відбувається протягом п'яти місяців. В інші місяці року відбувається процес випаровування вологи, що сконденсувалась.

В.3.2.12 Оцінюють збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи за холодний період року. У даному випадку зволожується шар теплоізоляції з мінеральної вати, оскільки він є прилеглим до зони конденсації з боку внутрішньої поверхні стіни.

$$\Delta w = \frac{2,04}{0,12 \cdot 50} \cdot 100 \% = 34 \%$$

Згідно з 6.1 ДБН В.2.6-31 збільшення вологості шару мінеральної вати за холодний період року є недопустимим, отже дана конструкція зовнішньої стіни не може бути застосована при проектуванні зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель.

В.4 Тепловологісний стан конструкції тришарової зовнішньої стіни на основі металевго або дерев'яного каркаса з пароізоляцією

В.4.1 Вихідні дані

Об'єкт – зовнішня стіна на основі каркаса з утеплювачем на основі мінеральної вати з опорядженням штукатуркою житлового будинку в м. Києві (приклад В.3).

Як конструктивний захід для забезпечення нормального вологісного режиму експлуатації огорожувальної конструкції, що була розглянута в прикладі В.3, до її складу необхідно включити шар пароізоляції, що має розташовуватися на внутрішній поверхні утеплювача з мінеральної вати.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці В.10.

Таблиця В.10 – Розрахункові характеристики матеріалів у складі огорджувальної конструкції

Шар	Товщина шару δ , м	Густина ρ , кг/м ³	Теплопровідність λ , Вт/(м·К)	Тепловий опір R , (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт паропро проникності μ , мг/(м·год·Па)	Опір паропро проникненню R_e , (м ² ·год·Па)/мг
Шар з гіпсокартону	0,012	800	0,21	0,057	0,075	0,16
Деревостружкова плита	0,01	600	0,18	0,055	0,02	0,50
Пароізоляційна плівка	0,00016	1000	0,35	0,0004	0,000022	7,27
Утеплювач з мінеральної вати	0,12	50	0,042	2,857	0,52	0,231
Деревостружкова плита	0,01	600	0,18	0,055	0,02	0,50
Опорядження штукатуркою	0,01	1600	0,81	0,012	0,12	0,083

В.4.2 Порядок розрахунку

В.4.2.1 Порядок розрахунку є аналогічним до розрахунку в прикладі В.3.

В.4.2.2 За формулою (5) розраховується розподіл температур на межах шарів конструкції $t(x)$, як показано на рисунку В.10.

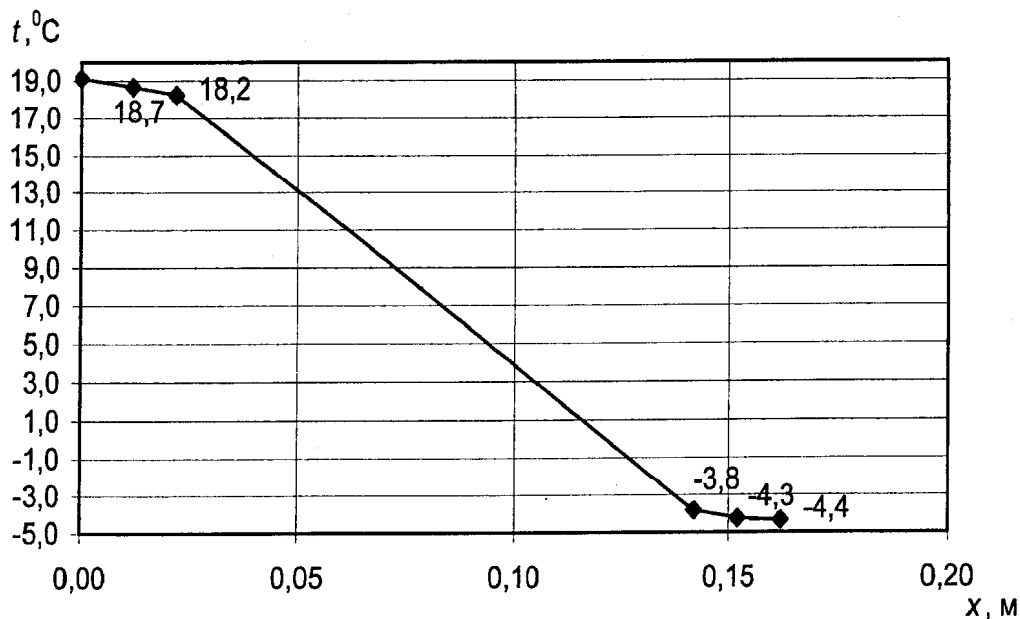


Рисунок В.10 – Розподіл температур у товщі огорджувальної конструкції

В.4.2.3 У масштабі опорів паропро проникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок В.11).

В.4.2.4 За розподілом парціальних тисків на рисунку В.11 встановлено, що в даній конструкції зовнішньої стіни на основі металевого або дерев'яного каркаса з утеплювачем на основі мінеральної вати з опорядженням штукатуркою процес конденсації водяної пари не відбувається.

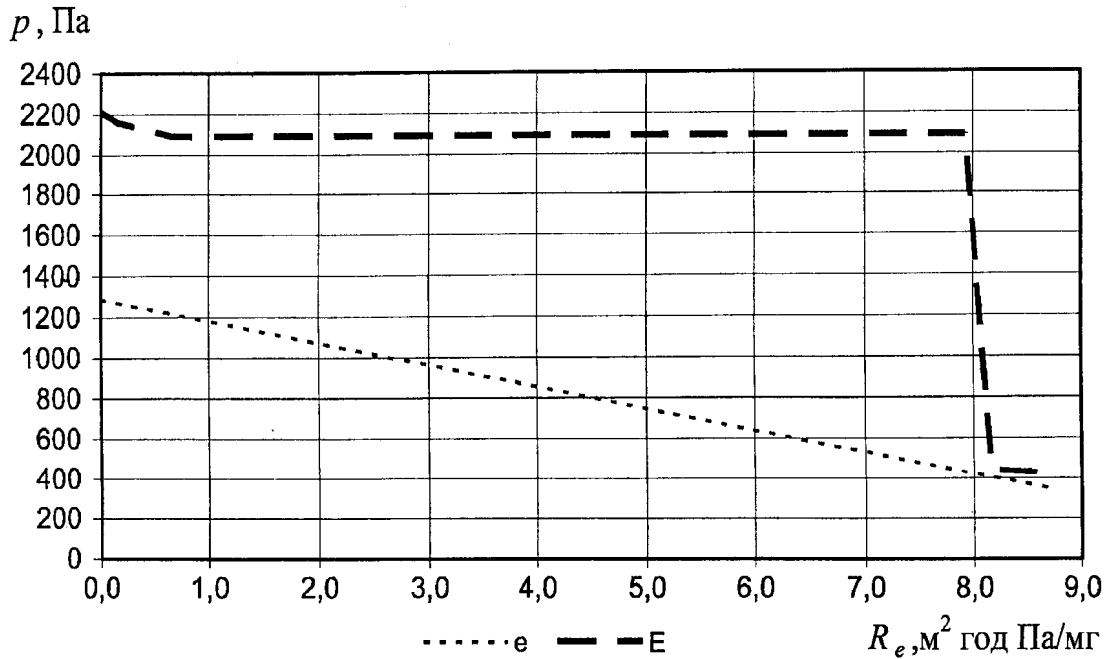


Рисунок В.11 – Розподіл парціальних тисків у товщі огорожувальної конструкції

В.5 Тепловолігнісний стан конструкції зовнішньої багат шарової стіни з опорядженням штукатуркою

В.5.1 Вихідні дані

Об'єкт – зовнішня стіна з цегляної кладки з внутрішнім утепленням із ніздрюватого бетону, зовнішнім утепленням мінеральною ватою з опорядженням товсто шаровою штукатуркою житлового будинку в м. Суми.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці В.11.

Таблиця В.11 – Розрахункові характеристики матеріалів у складі огорожувальної конструкції

Шар	Товщина шару δ , м	Густина ρ , кг/м ³	Теплопровідність λ , Вт/(м·К)	Тепловий опір R , (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт паропрохідності μ , мг/(м·год·Па)	Опір паропроникненню R_e , (м ² ·год·Па)/мг
Шар з ніздрюватого бетону	0,10	200	0,074	1,351	0,28	0,357
Кладка з цегли	0,25	1600	0,70	0,357	0,15	1,667
Утеплювач з мінеральної вати	0,08	140	0,045	1,777	0,41	0,195
Опорядження штукатуркою	0,015	1800	0,93	0,016	0,09	0,167

В.5.2 Порядок розрахунку

В.5.2.1 Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 визначаються середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря.

Таблиця В.12 – Середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря для м. Суми

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °C	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13,0	6,7	0,4	-4,3
Відносна вологість, %	86	83	81	70	64	69	72	71	75	80	87	88

В.5.2.2 Визначається температура та відносна вологість повітря приміщення. Для житлового будинку згідно з ДБН В.2.6-31 вони становитимуть відповідно: $t_b = 20$ °C; $\phi_b = 60$ %.

В.5.2.3 Згідно з таблицею Б.1 визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , за формулами (6), (7) – парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_b = 2340$ Па, $e_b = 1404$ Па;
- для зовнішнього повітря у січні: $E_3 = 350$ Па, $e_3 = 301$ Па.

В.5.2.4 Згідно з формулою (5) розраховується розподіл температур на межах шарів конструкції $t(x)$, як показано на рисунку В.12.

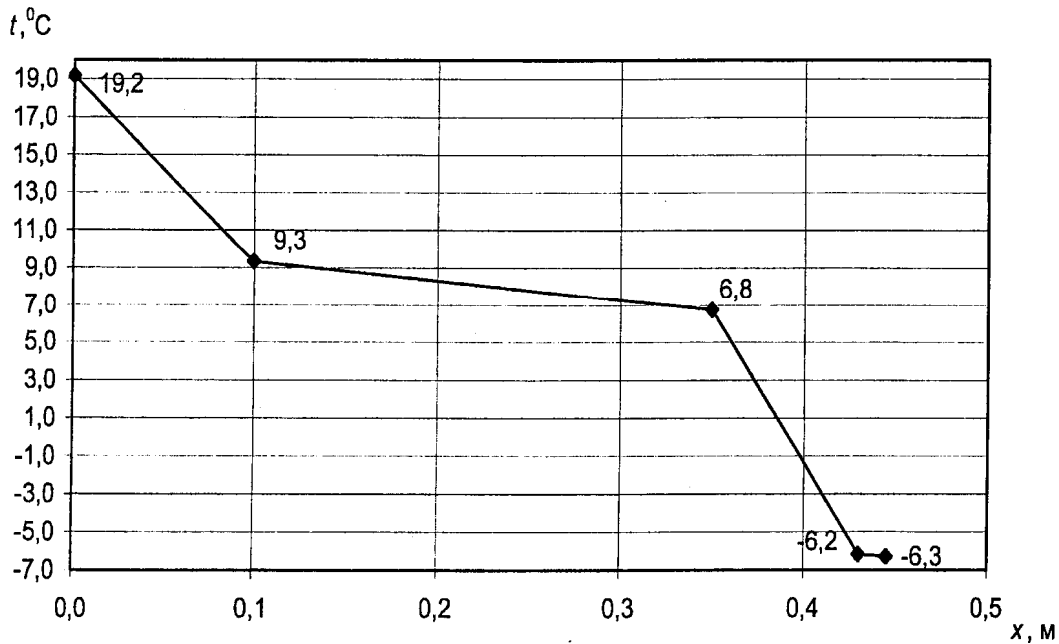


Рисунок В.12 – Розподіл температур у товщі огорджувальної конструкції

В.5.2.5 У масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок В.13).

В.5.2.6 Оскільки лінії E та e перетинаються, що свідчить про конденсацію вологи в товщі огорожі, будується лінія розрахункового тиску водяної пари e_p . При цьому лінію e_p будують, проводячи дотичні з точок на поверхнях конструкції, що відповідають значенням парціального тиску внутрішнього і зовнішнього повітря до лінії розподілу насиченої водяної пари E .

В.5.2.7 За розподілом парціальних тисків на рисунку В.13 встановлено, що конденсація відбувається на межі між шаром утеплювача з ніздрюватого бетону і шаром цегли та між шаром мінеральної вати і шаром опоряджувальної штукатурки.

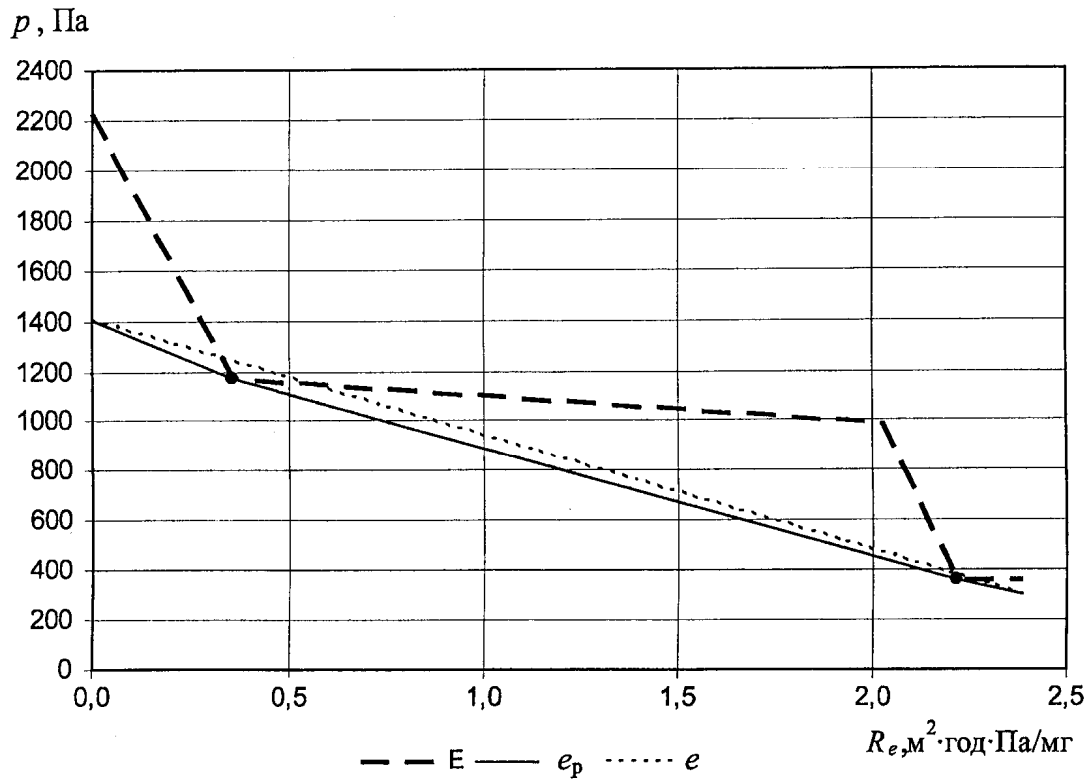


Рисунок В.13 – Розподіл парціальних тисків у товщі огорожувальної конструкції

В.5.2.8 Кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації 1 між шаром утеплювача з ніздрюватого бетону і шаром цегли зі сторони приміщення, дорівнює:

$$i_B = \frac{1404 - 1171}{0,357} = 652,40 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.5.2.9 Кількість водяної пари, що виводиться із зони конденсації 1 між шаром утеплювача з ніздрюватого бетону і шаром цегли, дорівнює:

$$i_x = \frac{1171 - 362}{1,667 + 0,195} = 434,53 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Отже, кількість вологи, що конденсується між шаром утеплювача з ніздрюватого бетону і шаром цегли за січень, дорівнюватиме:

$$W_{\text{зп1}} = \tau \cdot (i_B - i_x) \cdot 10^{-6} = 744 \cdot (652,40 - 434,53) \cdot 10^{-6} = 0,162 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

В.5.2.10 Кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації 2 між шаром мінеральної вати і шаром штукатурки зі сторони приміщення, дорівнює:

$$i_x = \frac{1171 - 362}{1,667 + 0,195} = 434,53 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.5.2.11 Кількість водяної пари, що виводиться із зони конденсації 2 між шаром мінеральної вати і шаром штукатурки, дорівнює:

$$i_3 = \frac{362 - 301}{0,167} = 366,00 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Отже, кількість вологи, що конденсується між шаром мінеральної вати і шаром штукатурки за січень, дорівнюватиме:

$$W_{зп2} = \tau \cdot (i_v - i_3) \cdot 10^{-6} = 744 \cdot (434,53 - 366,09) \cdot 10^{-6} = 0,051 \text{ кг/м}^2.$$

В.5.2.12 Кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень, складатиме:

$$W_{зп} = W_{зп1} + W_{зп2} = 0,162 + 0,051 = 0,213 \text{ кг/м}^2.$$

В.5.2.13 Проводячи подібні розрахунки для інших місяців періоду вологонакопичення (у даному випадку – це грудень, лютий), отримують значення кількості вологи, що сконденсувалась в огорожувальній конструкції кожного місяця та за весь період вологонакопичення в кожній зоні конденсації (таблиця В.13).

В.5.2.14 За проведеними розрахунками встановлено, що в даній конструкції зовнішньої стіни з цегляної кладки з внутрішнім утепленням із ніздрюватого бетону, зовнішнім утепленням мінеральною ватою з опорядженням товстошаровою штукатуркою процес конденсації водяної пари відбувається протягом трьох місяців. В інші місяці року відбувається процес випаровування вологи, що сконденсувалась.

Таблиця В.13 – Річний баланс вологи в товщі огорожувальної конструкції будинку

Місяць року	Кількість вологи, що сконденсувалась в огорожувальній конструкції, кг/м ²		Кількість вологи, що випарувалась із зони конденсації, кг/м ²	
	В зоні конденсації 1	В зоні конденсації 2	Із зони конденсації 1	Із зони конденсації 2
Грудень	0	0,032	0	0
Січень	0,162	0,051	0	0
Лютий	0,087	0	0	0,016
Березень	0	0	0,255	0,237
	$\Sigma = 0,249$	$\Sigma = 0,083$	$\Sigma = 0,255$	$\Sigma = 0,253$
	$\Sigma = 0,332$		$\Sigma = 0,508$	

В.5.2.15 Оцінюють збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи, за холодний період року. У даному випадку в основному зволюється шар теплоізоляції з ніздрюватого бетону, оскільки він є прилеглим до зони конденсації з боку внутрішньої поверхні стіни.

$$\Delta w = \frac{0,249}{0,1 \cdot 200} \cdot 100 \% = 1,25 \%$$

Згідно з 6.1 ДБН В.2.6-31 збільшення вологості шару ніздрюватого бетону за холодний період року є недопустимим, отже дана конструкція зовнішньої стіни не може бути застосована при проектуванні зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель.

В.6 Тепловологісний стан конструкції традиційного суміщеного покриття

В.6.1 Вихідні дані

Об'єкт – суміщене покриття на основі порожнистої сталебетонної плити з ефективним утеплювачем на основі мінеральної вати та гідроізоляційного шару житлового будинку в м. Харків.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці В.14.

Таблиця В.14 – Розрахункові характеристики матеріалів у складі огорожувальної конструкції

Шар	Товщина шару δ , м	Густина ρ , кг/м ³	Теплопровідність λ , Вт/(м·К)	Тепловий опір R , (м ² ·К)/Вт	Коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)	Опір паропроникненню R_e , (м ² ·год·Па)/мг
Сталебетонна плита порожниста	0,22	600	0,55	0,40	0,09	2,44
Утеплювач з мінеральної вати	0,25	190	0,052	4,81	0,32	0,78
Гідроізоляція	0,0012	1000	0,17	0,01	0,0008	1,50

В.6.2 Порядок розрахунку

В.6.2.1 Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 визначаються середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря.

Таблиця В.15 – Середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря для м. Харків

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °С	-5,9	-5,1	0,0	9,0	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1,0	-3,7
Відносна вологість, %	84	83	79	67	60	64	66	64	70	77	86	87

В.6.2.2 Визначається температура та відносна вологість повітря приміщення. Для житлового будинку згідно з ДБН В.2.6-31 вони становитимуть відповідно: $t_b = 20$ °С; $\varphi_b = 55$ %.

В.6.2.3 Згідно з таблицею Б.1 визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , за формулами (6), (7) – парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_b = 2340$ Па, $e_b = 1287$ Па;
- для зовнішнього повітря у січні: $E_3 = 372$ Па, $e_3 = 316$ Па.

В.6.2.4 За формулою (5) розраховується розподіл температур на межах шарів конструкції $t(x)$, як показано на рисунку В.14.

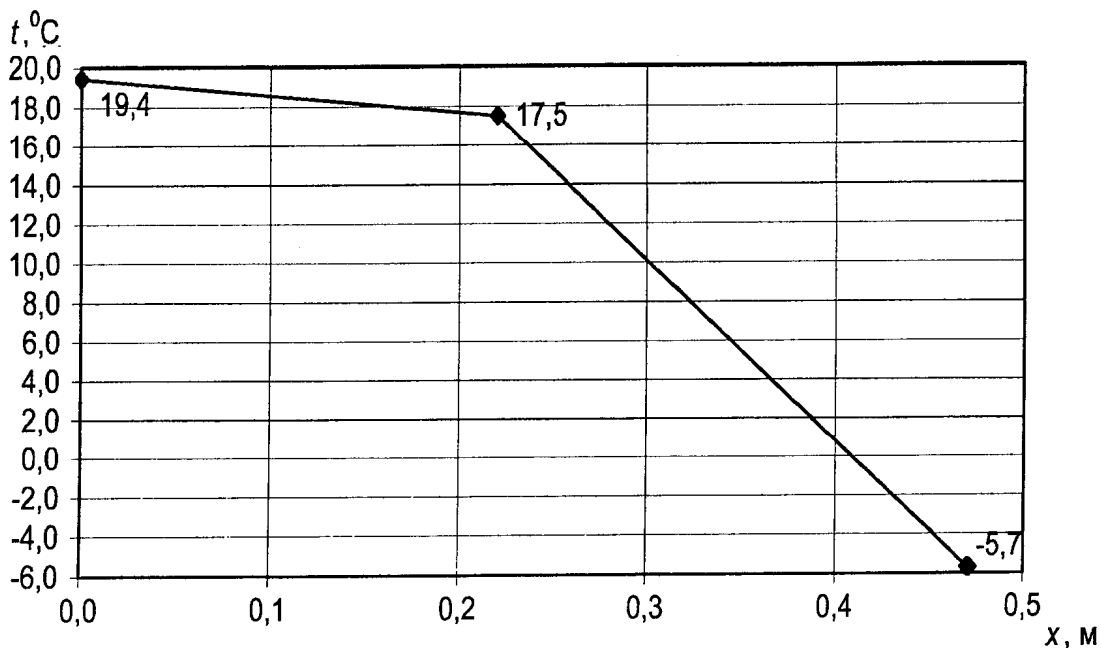


Рисунок В.14 – Розподіл температур у товщі огорожувальної конструкції

В.6.2.5 У масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок В.15).

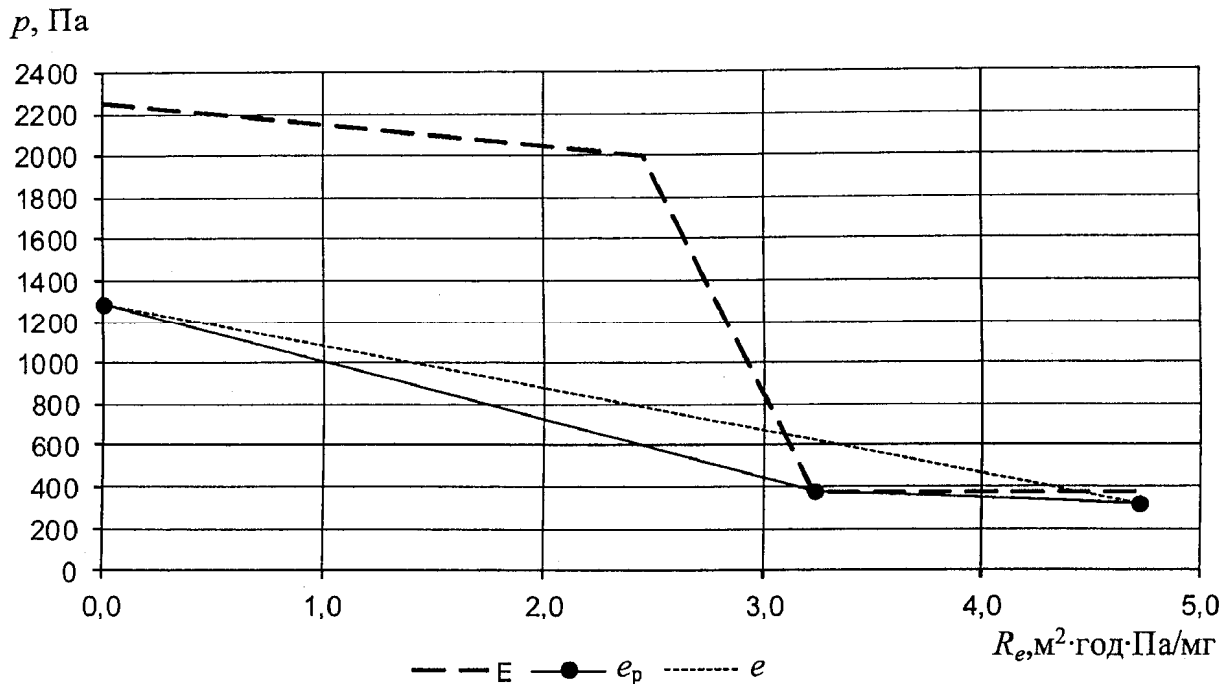


Рисунок В.15 – Розподіл парціальних тисків у товщі огорожувальної конструкції

В.6.2.6 Оскільки лінії E та e перетинаються, що свідчить про конденсацію вологи в товщі огорожувальної конструкції, будується лінія розрахункового тиску водяної пари e_p . При цьому лінію e_p будують, проводячи дотичні з точок на поверхнях конструкції, що відповідають значенням парціального тиску внутрішнього і зовнішнього повітря до лінії розподілу насиченої водяної пари E .

В.6.2.7 За розподілом парціальних тисків на рисунку В.15 встановлено, що конденсація відбувається на межі між шаром утеплювача з мінеральної вати та шаром гідроізоляції.

В.6.2.8 Кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення, дорівнює:

$$i_B = \frac{1287 - 379}{2,444 + 0,781} = 281,49 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.6.2.9 Кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації, дорівнює:

$$i_3 = \frac{379 - 342}{1,500} = 41,86 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Отже, кількість вологи, що конденсується в конструкції за січень місяць, дорівнюватиме:

$$W_{\text{зн}} = \tau \cdot (i_B - i_3) \cdot 10^{-6} = 744 \cdot (281,49 - 41,86) \cdot 10^{-6} = 0,178 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

В.6.2.10 Виконуючи подібні розрахунки для інших місяців періоду вологонакопичення (у даному випадку – це листопад, грудень, лютий, березень), отримують значення кількості вологи, що сконденсувалась в огорожувальній конструкції кожного місяця та за весь період вологонакопичення (таблиця В.16).

В.6.2.11 Проводять розрахунки для першого місяця періоду вологовіддачі – квітня.

В.6.2.12 Згідно з таблицею Б.1 визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , за формулами (6), (7) – парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_B = 2340$ Па, $e_B = 1287$ Па;
- для зовнішнього повітря у березні: $E_3 = 1762$ Па, $e_3 = 1057$ Па.

В.6.2.13 За формулою (5) розраховується розподіл температур на межах шарів конструкції $t(x)$.

В.6.2.14 У масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e (рисунок В.16).

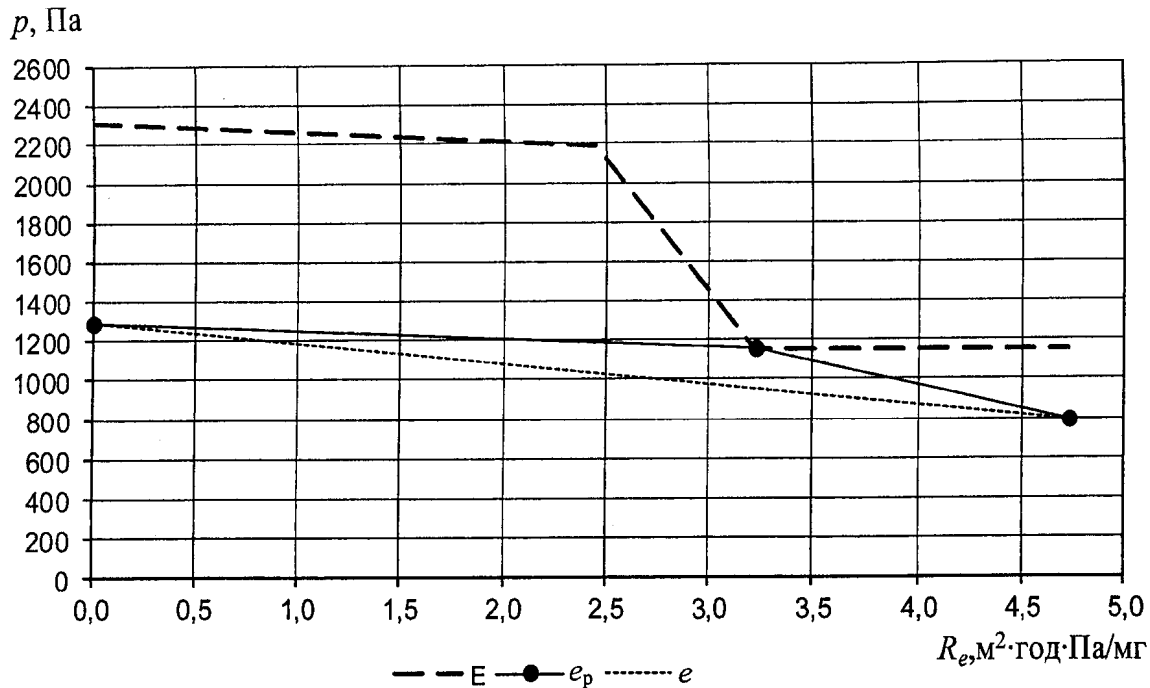


Рисунок В.16 – Розподіл парціальних тисків у товщі огорожувальної конструкції

В.6.2.15 При цьому випаровування вологи, що сконденсувалась за період вологовіддачі із зони конденсації, відбуватиметься лише назовні.

В.6.2.16 Кількість водяної пари, що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення, дорівнює:

$$i_3 = \frac{1287 - 1156}{2,444 + 0,781} = 40,6 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.6.2.17 Кількість водяної пари, що виводиться назовні із зони конденсації, дорівнює:

$$i_3 = \frac{1156 - 792}{1,500} = 242,6 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

В.6.2.18 Кількість вологи, що випаровується з конструкції за квітень, дорівнюватиме:

$$W_{\text{лп}} = \tau \cdot (i_3 - i_B) \cdot 10^{-6} = 744 \cdot (242,6 - 40,6) \cdot 10^{-6} = 0,145 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

В.6.2.19 Отже, як видно з розрахунку за березень випаровується лише $0,145 \text{ кг}/\text{м}^2$ вологи, що менше ніж накопичилось у конструкції за період вологонакопичення. Тому проводиться розрахунок випаровування для наступного місяця – травня. Результати розрахунку зведені у таблиці В.16.

В.6.2.20 Проводять розрахунки для кожного місяця року та складають узагальнюючу таблицю балансу вологи за рік (таблиця В.16).

Таблиця В.16 – Річний баланс вологи в товщі огорджувальної конструкції будинку

Місяць року	Кількість вологи, що сконденсувалась в огорджувальній конструкції, кг/м ²	Кількість вологи, що випарувалась із зони конденсації, кг/м ²
Листопад	0,08	0
Грудень	0,15	0
Січень	0,18	0
Лютий	0,11	0
Березень	0,07	0
Квітень	0	0,15
Травень	0	0,44
	Σ = 0,59	Σ = 0,59

В.6.2.21 За проведеними розрахунками встановлено, що в даній конструкції суміщеного покриття на основі порожнистої сталебетонної плити з ефективним утеплювачем на основі мінеральної вати та гідроізоляційного шару процес конденсації водяної пари відбувається протягом п'яти місяців: листопад, грудень, січень, лютий, березень. В інші місяці року відбувається процес випаровування вологи, що сконденсувалась.

В.6.2.22 Оцінюють збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи, за холодний період року. У даному випадку зволожується шар теплоізоляції з мінеральної вати, оскільки він є прилеглим до зони конденсації з боку внутрішньої поверхні стіни.

$$\Delta w = \frac{0,59}{0,25 \cdot 190} \cdot 100 \% = 1,25 \%$$

Згідно з 6.1 ДБН В.2.6-31 збільшення вологості шару мінеральної вати за холодний період року є допустимим.

Рекомендовано для запобігання накопиченню вологи для традиційних суміщених покриттів будинків встановлення пароізоляційного шару нижче шару утеплювача.

Код УКНД 91.120.10

Ключові слова: тепловологісний стан огорожувальних конструкцій, конденсація водяної пари, коефіцієнт паропроникності, опір паропроненню.