

# Архітектурно-будівельна кліматологія і теплотехніка



## Лекція 5

# Санітарно-гігієнічні вимоги та вимоги теплової надійності огороджувальних конструкцій.

Підготував Сергейчук О.В.

## 5.1 Задачі архітектурно-будівельної теплотехніки

### Нормативні вимоги

Регламентні та функціональні вимоги взаємодоповнюють один одного і описуються єдиною системою теплових показників, які по своїй методологічній основі розділяються на три групи відповідних нерівностей за експлуатаційними вимогами до будівель:



#### Економічні вимоги

$$R_{\Sigma \text{ пр}} \geq R_{q \text{ min}}$$

$$EP \leq EP_{\text{max}}$$

#### Санітарно-гігієнічні вимоги

$$A_{\tau_{\text{В}}} \leq 2,5$$

$$A_{t_{\text{В}}} \leq 1,5$$

$$Y_{\text{П}} \leq Y_{\text{max П}}$$

$$\Delta t_{\text{пр}} \leq \Delta t_{\text{ст}}$$

#### Вимоги теплової надійності

$$T_{\text{В min}} > T_{\text{min}}$$

$$G^{\text{К}} \leq G_{\text{Н}}^{\text{К}}$$

$$\Delta w \leq \Delta w_{\text{Д}}$$

## 5.2. Розрахунок вологісного стану огорожувальних конструкцій

**Чому випадає конденсат на внутрішніх поверхнях огорожувальних конструкцій?**

Нехай:

- температура повітря в приміщенні  $t_B = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- відносна вологість  $\varphi_B = 50\%$ .

Тоді  $E_B = 2338\text{ Па}$ , а  $e_B = 1169\text{ Па}$ .

Це значення парціального тиску буде дорівнювати тиску насичення при температурі  $9,3\text{ }^\circ\text{C}$ , яка називається **точкою роси** у даному приміщенні -  $\tau_p$ .

Якщо у приміщенні будуть поверхні, що мають температуру  $\tau \leq \tau_p$ , то на них випаде конденсат

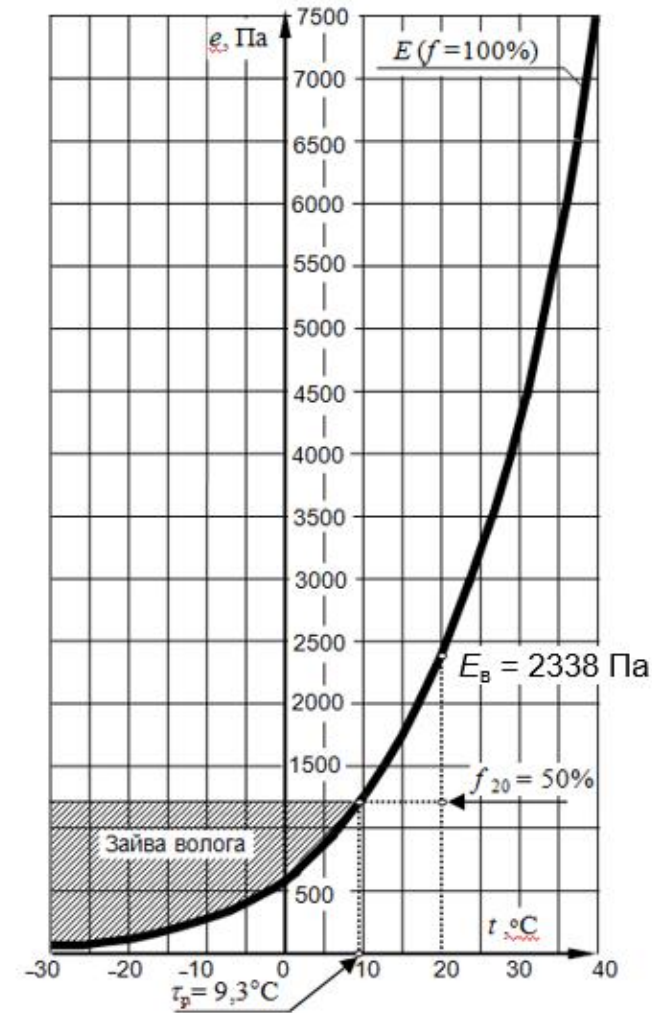
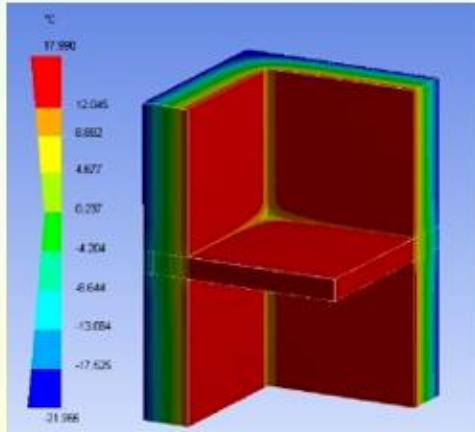
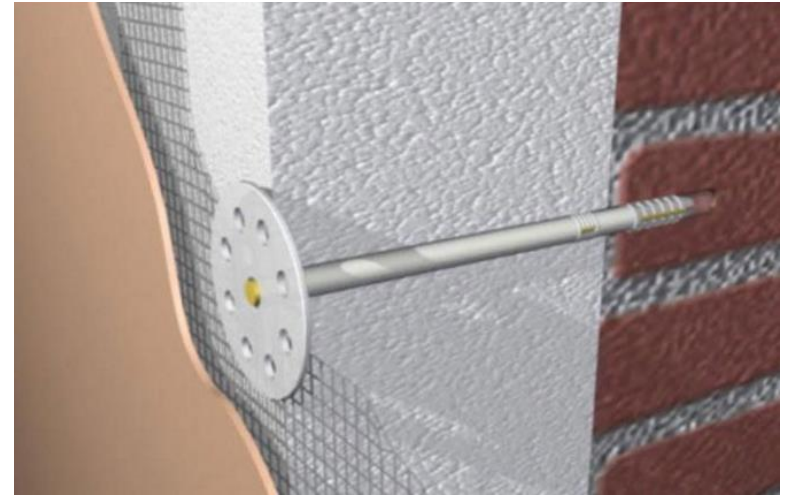
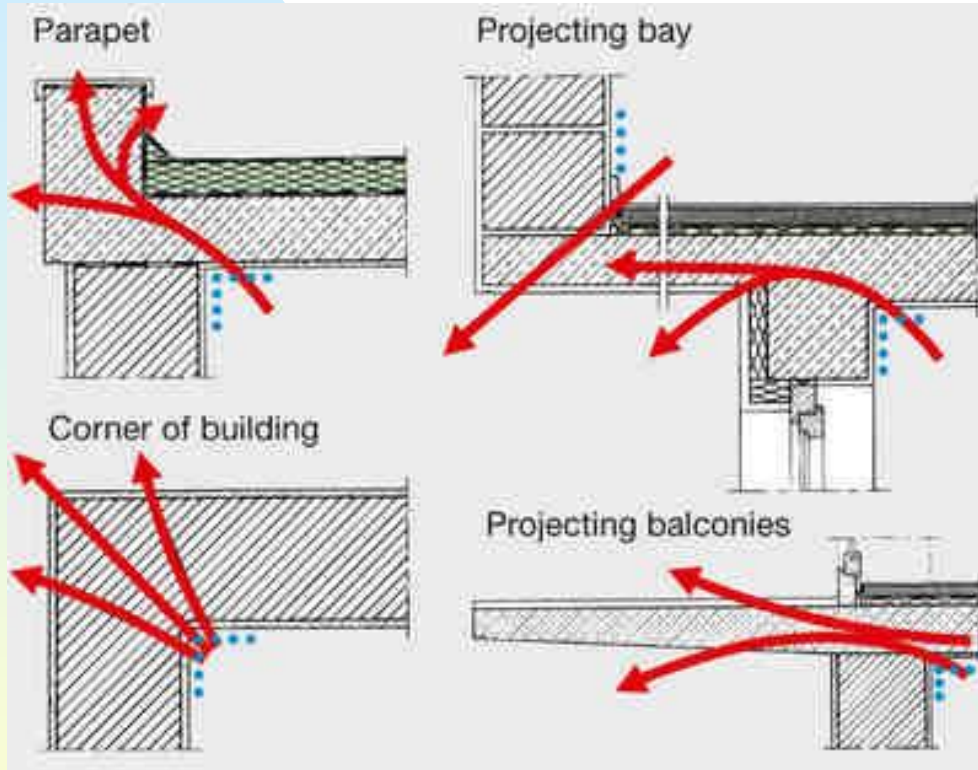


Рис. 1.4. Графік залежності максимального парціального тиску водяної пари у повітрі при нормальному атмосферному тиску

## 5.2. Розрахунок вологісного стану огорожувальних конструкцій

### Аналіз конструктивних вузлів будівель на наявність містків холоду

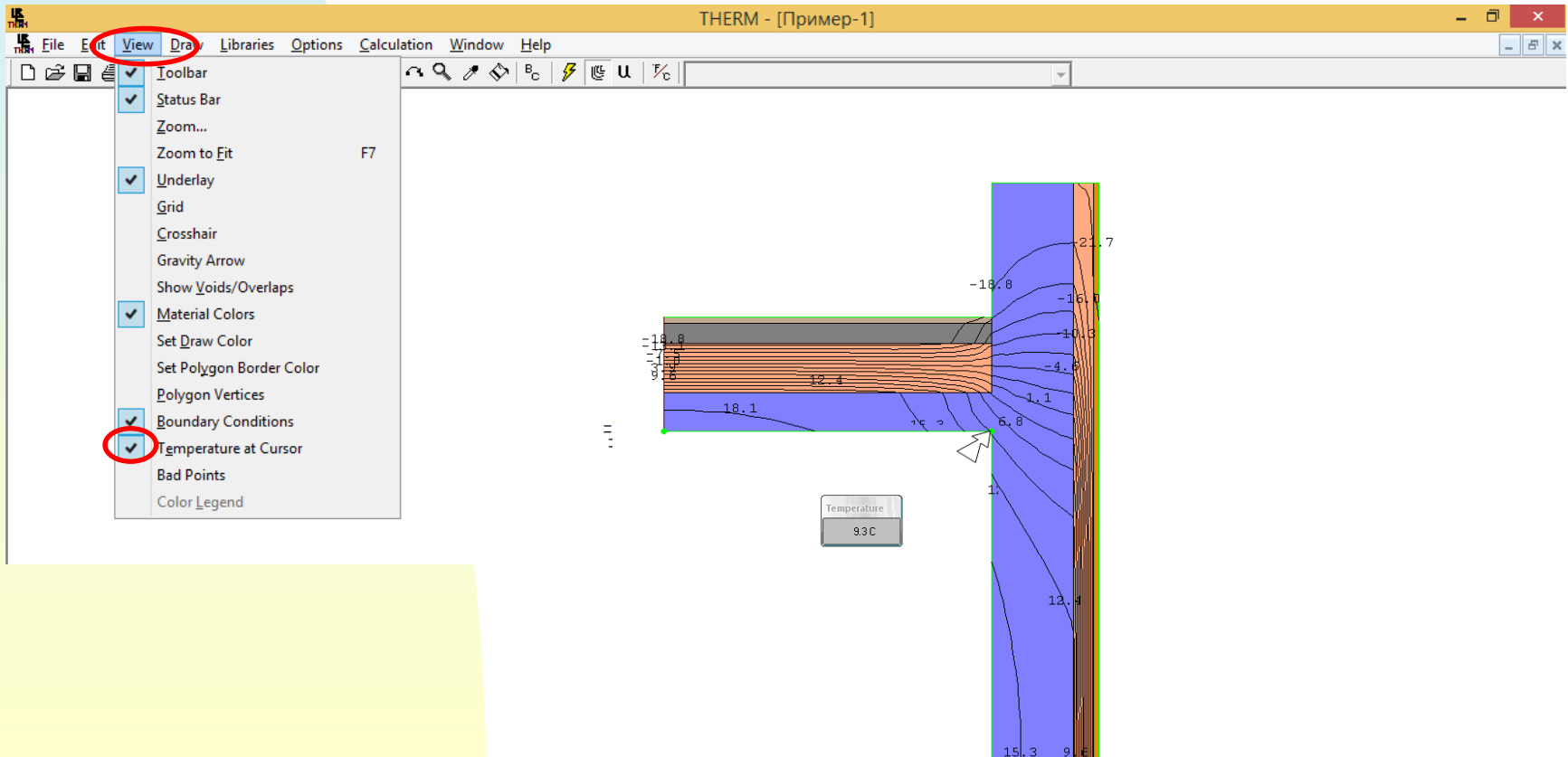


## 5.2. Розрахунок вологісного стану огорожувальних конструкцій

### Моделювання температурного поля у вузлі будівельної конструкції Алгоритм розрахунку температурного поля за програмою “TERM-6”

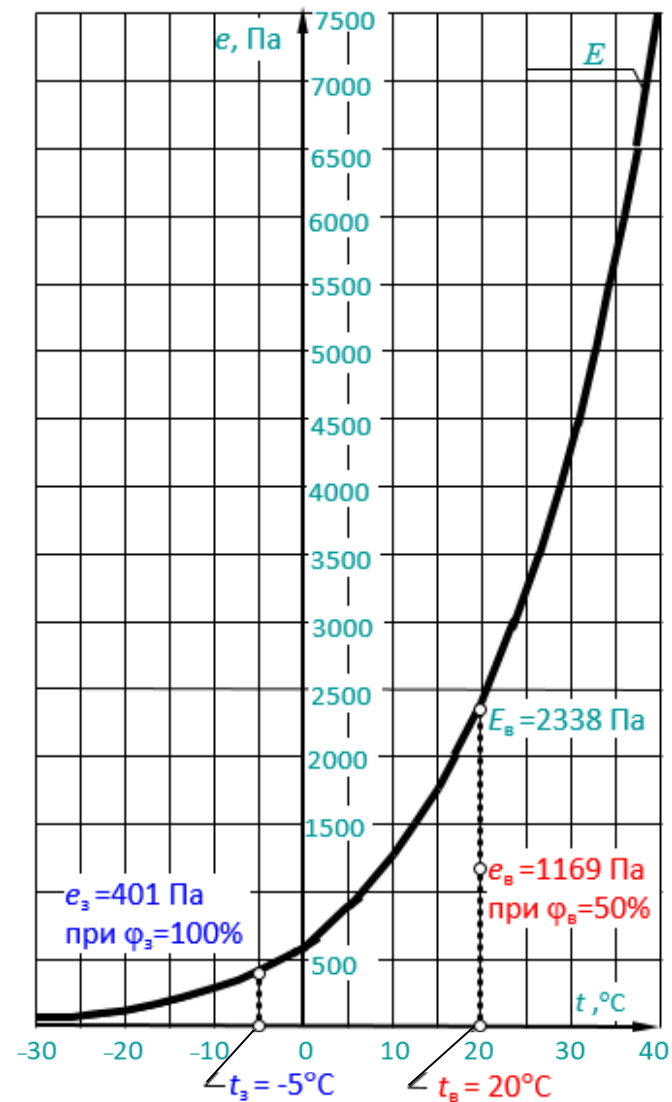
#### Визначення мінімальної температури внутрішньої поверхні

1. На панелі клікнути по “View” та поставити «птичку» напроти “Temperature at Cursor”.
  2. З’явиться вікно “Temperature”.
  3. Підвести курсор у точку поверхні, де необхідно визначити температуру.
- У вікні відобразиться значення температури



## 5.2. Розрахунок вологісного стану огорожувальних конструкцій

Чому триває перенесення водяної пари у конструкціях?



Графік залежності максимального парціального тиску водяної пари у повітрі при нормальному атмосферному тиску

*Коефіцієнт паропроникності*  $\mu$  характеризує ступень паропроникності матеріалів і показує кількість водяної пари  $g$ , мг, що проходить крізь матеріал площею  $1 \text{ м}^2$  і товщиною  $1 \text{ м}$  на протязі  $1$  год при різниці пружностей водяної пари з обох боків  $1 \text{ Па}$ . Його значення приймаються за **ДСТУ Б В.2.6-189:2013**



Мінвата

$\mu=0,5 \text{ мг}/(\text{м}\cdot\text{год}\cdot\text{Па})$

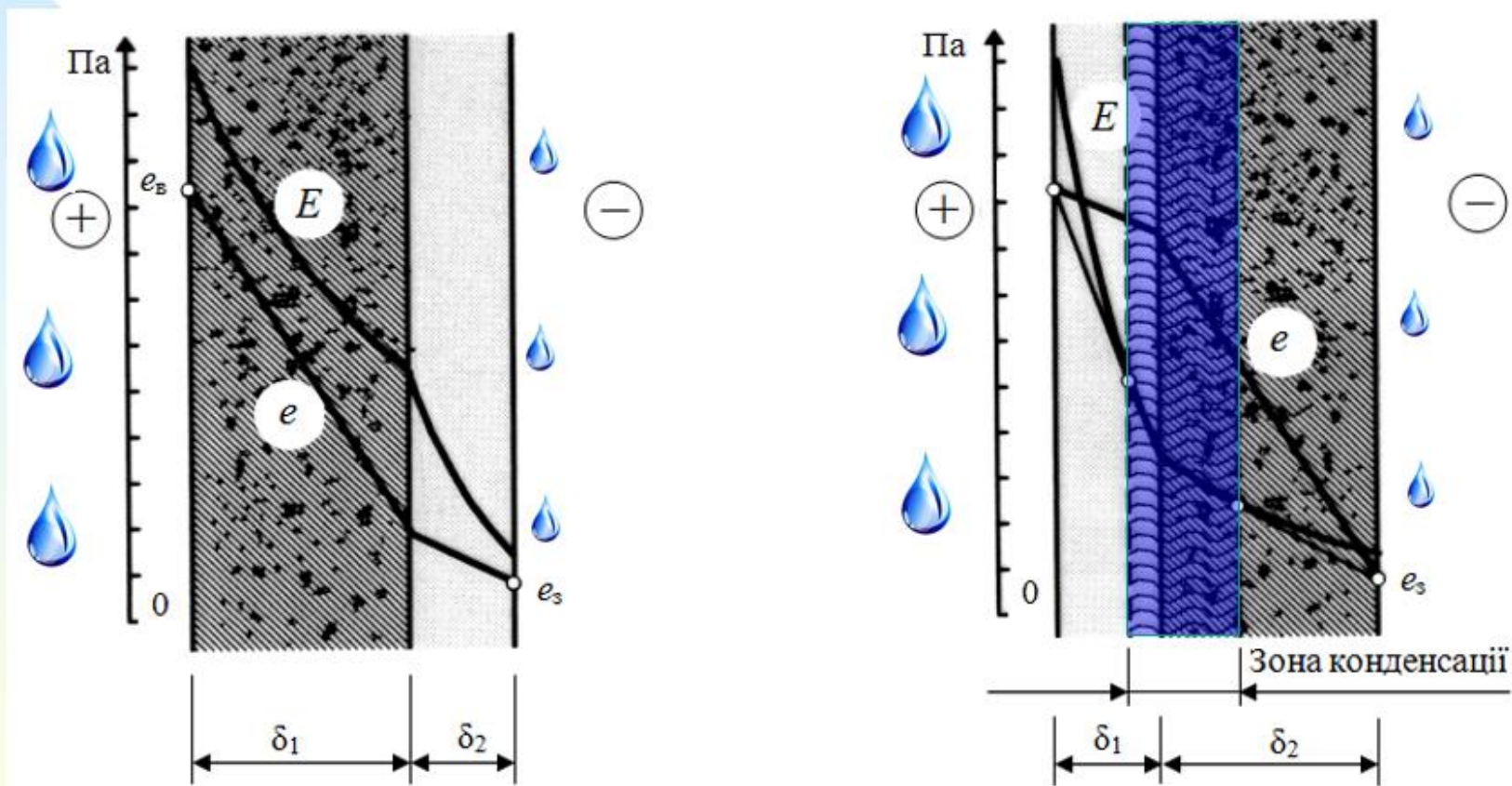


Піноскло

$\mu=0 \text{ мг}/(\text{м}\cdot\text{год}\cdot\text{Па})$

## 5.2. Розрахунок вологісного стану огорожувальних конструкцій

### Принцип розрахунку





## 5.2. Розрахунок вологісного стану огорожувальних конструкцій

### Побудова лінії $E$

#### 1. Розрахунок падіння температури в товщі огорожувальної конструкції

Розподіл температури в товщі конструкції  $t(x)$  :

$$t(x) = t_e - \frac{t_e - t_z}{R_\Sigma} \sum_{x=1}^n (R_B + R_x),$$

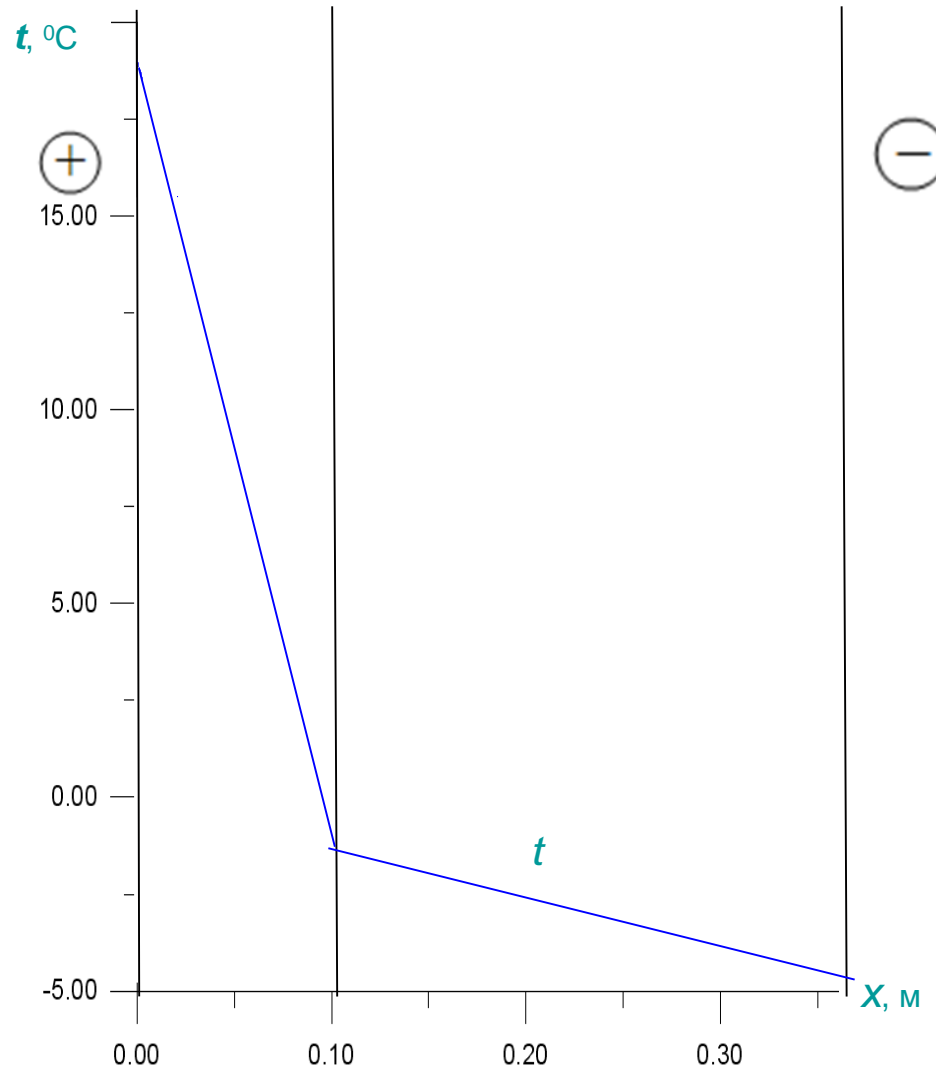
$R_\Sigma$  - опір теплопередачі огорожувальної конструкції

$R_B$  - опір теплосприйняття внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції

$R_x$  - сума термічних опорів шарів конструкції, розташованих між внутрішньою поверхнею та площиною на відстані  $x$

**ВАЖЛИВА ПРИМІТКА.**

При розрахунку вологісного стану температура зовнішнього повітря – це температура найбільш холодного місяця!

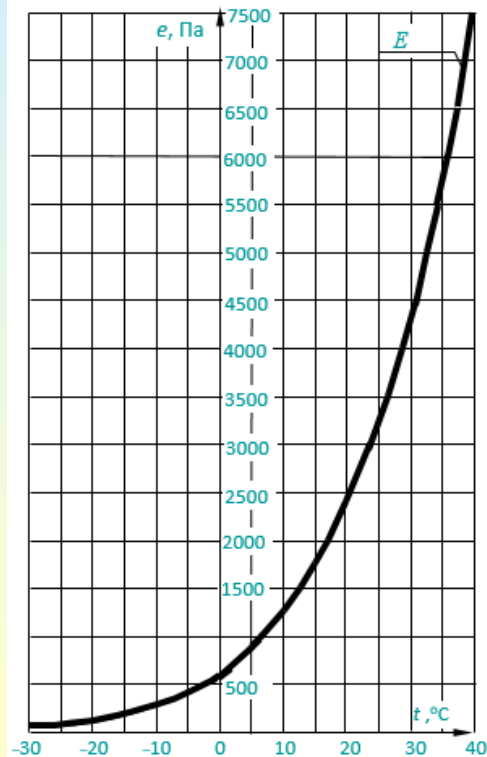


## 3.4. Проектування теплоізоляційної оболонки будівлі

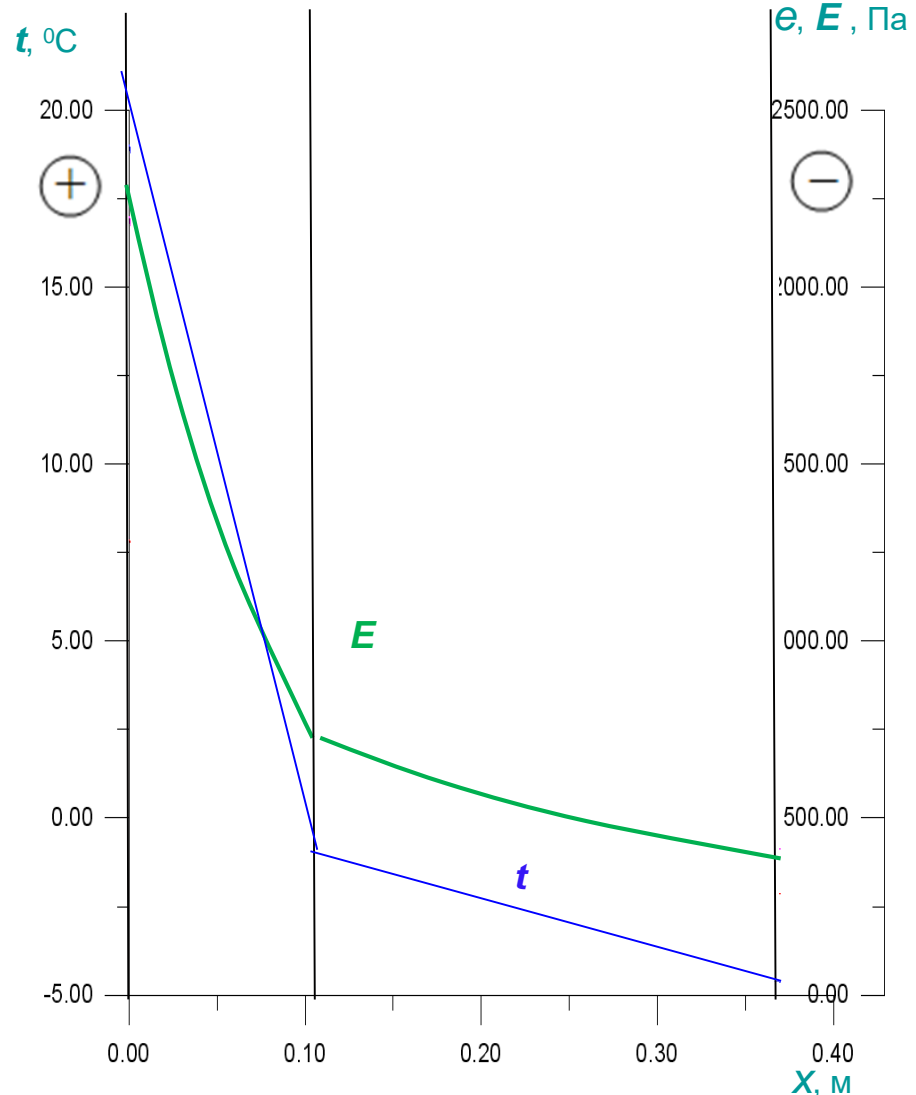
### Побудова лінії $E$

#### 2. Розрахунок падіння максимальної пружності в товщі огорожувальної конструкції

Парціальний тиск насиченої водяної пари  $E(x)$ , Па визначається згідно з довідковими даними залежності  $E(t)$  по розподілу температури в товщі конструкції  $t(x)$



рафік залежності максимальної пружності водяної пари у повітрі при нормальному атмосферному тиску



## 3.4. Проектування теплоізоляційної оболонки будівлі

### Побудова лінії $e$

Парціальний тиск  $e(x)$  водяної пари в товщі шару матеріалу в перерізі  $x$ , Па:

$$e(x) = e_B - \frac{e_B - e_3}{R_{e\Sigma}} \sum_{x=1}^n R_{e x},$$

$e_B$  - парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря

$$e_B = 0,01\varphi_B E_B$$

$e_3$  - парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря

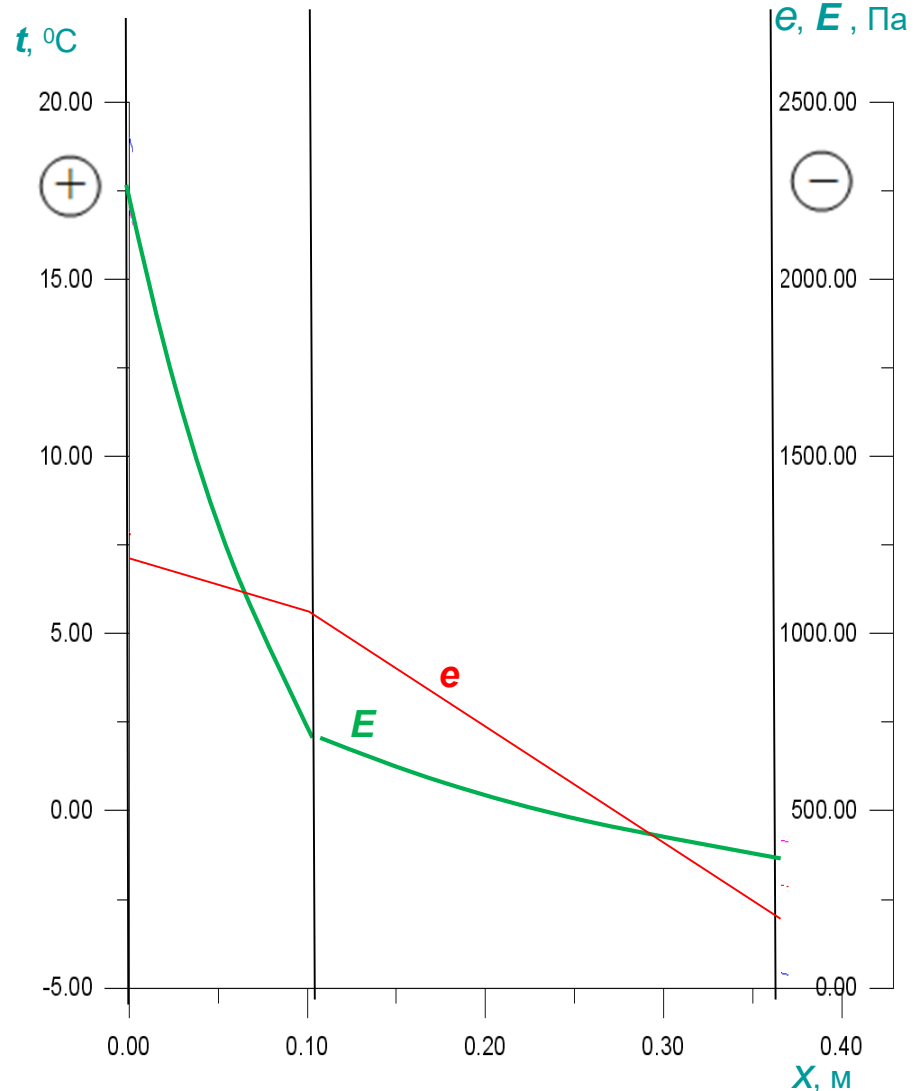
$$e_3 = 0,01\varphi_3 E_3$$

$R_{e\Sigma}$  - опір паропроникненню огорожувальної конструкції

$$R_{e\Sigma} = \sum_{s=1}^n \frac{\delta_i}{\mu_i}$$

$R_{e x}$  - опір паропроникненню огорожувальної конструкції на відстані  $x$  від внутрішньої поверхні

$$R_{e x} = \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\mu_i} + \frac{x - \sum_{i=1}^m \delta_i}{\mu_{m+1}}$$



## 5.2. Розрахунок вологісного стану огорожувальних конструкцій

### Алгоритм розрахунку

Розрахунок приросту вологи у шарі матеріалу  $\Delta w$  визначається за формулою :

$$\Delta w = \frac{P}{\delta_k \rho_k} 100$$

де  $P$  – кількість вологи, що конденсується у товщі огорожувальної конструкції за період накопичення вологи,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;

$\delta_k$  – товщина шару матеріалу, в якому накопичується волога, м;

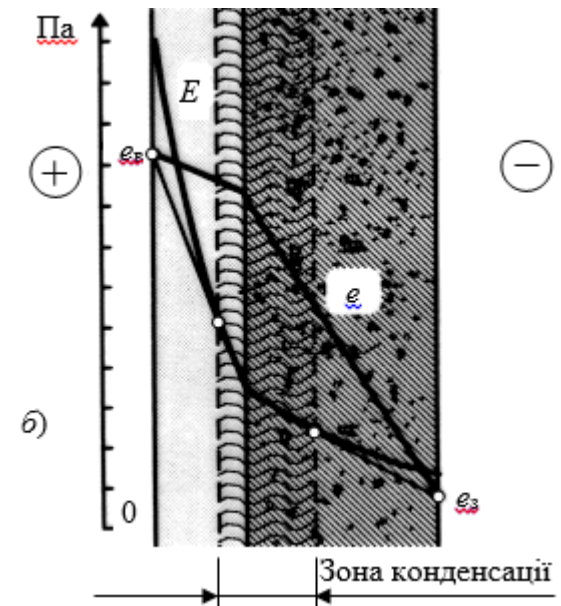
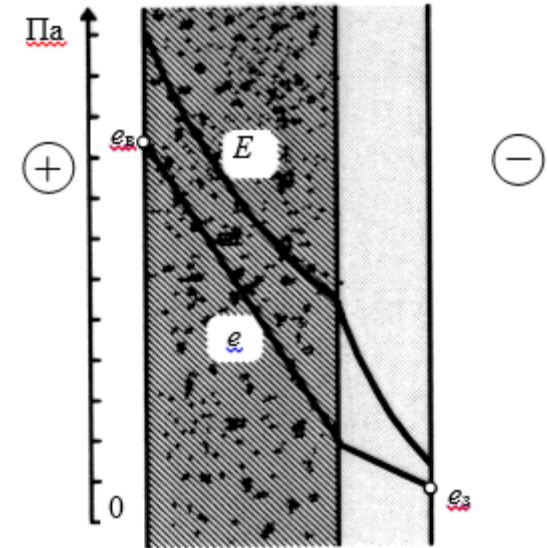
$\rho_k$  – густина матеріалу, в якому накопичується волога,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Вологісний стан зовнішніх огорожувальних конструкцій повинен відповідати вимогам згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-192 «Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій»

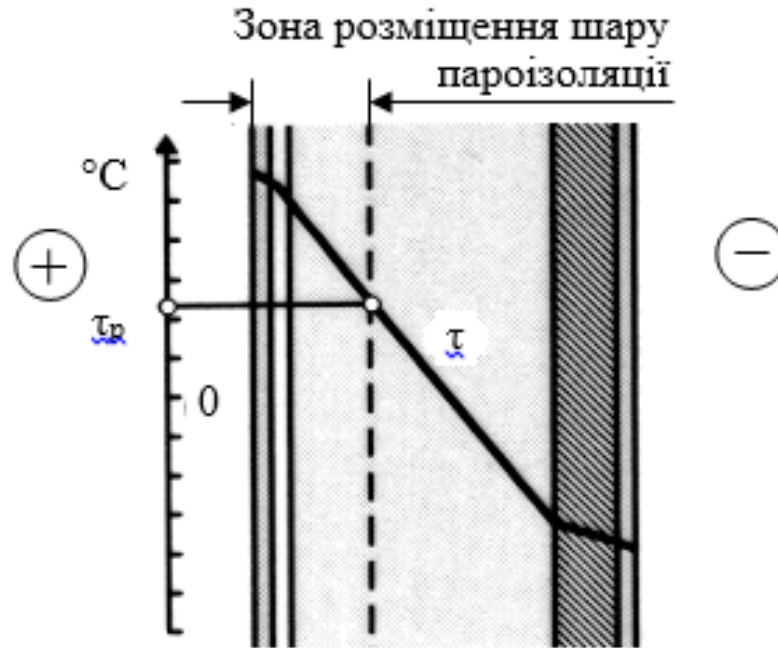
## 5.2. Конструктивні заходи для недопущення конденсації вологи в огорожувальній конструкції

Основним є раціональне розташування в ній шарів з різних матеріалів. Краще за все матеріали в огорожувальній конструкції розміщувати таким чином, щоб із внутрішнього боку знаходились матеріали густі, теплопровідні та малопаропроникні, а із зовнішнього боку навпаки – пористі, малотеплопровідні та більш паропроникні

Розміщення матеріалів навпаки, може привести до того, що лінії  $E$  та  $e$  будуть перетинатися. Це вказує на наявність в огороженні умов для конденсації в ньому водяної пари. При цьому для побудови лінії дійсної зміни пружності водяної пари в огороженні з точок на її поверхнях  $e_B$  та  $e_3$  проводяться дотичні до лінії  $E$ .

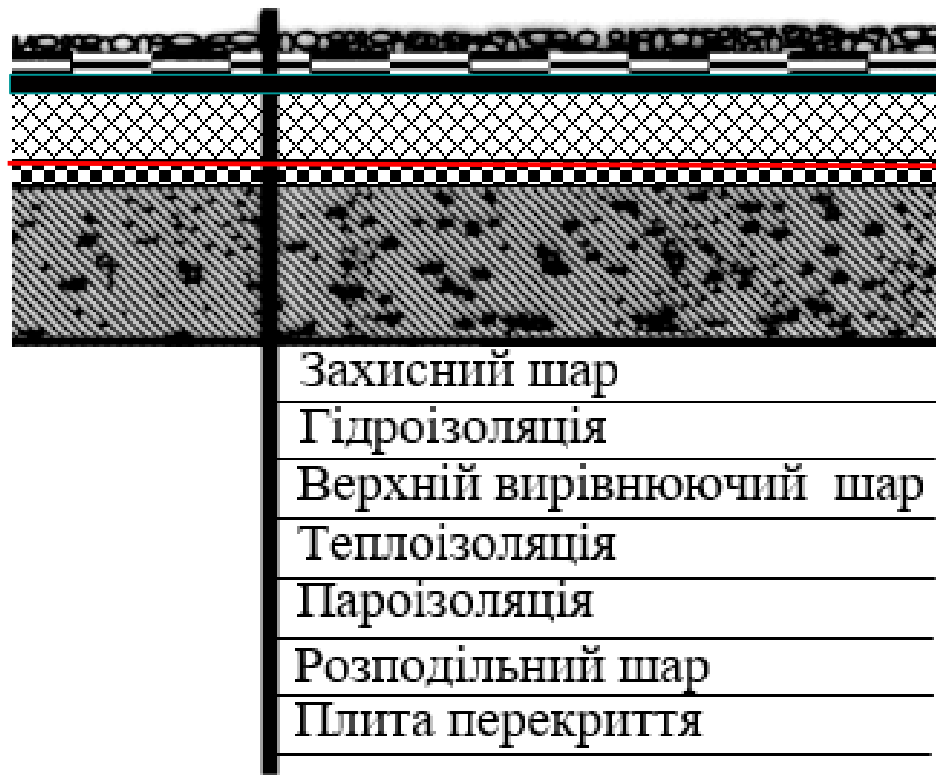


## 5.2. Конструктивні заходи для недопущення конденсації вологи в огорожувальній конструкції



Якщо від раціонального з точки зору дифузії водяної пари розміщення матеріалів в огорожувальній конструкції доводиться відступати з технічних чи конструктивних міркувань, то для захисту від конденсації в ній вологи можна використовувати пароізоляційні шари, тобто шари з паронепроникних матеріалів чи з матеріалів, що мають дуже незначну паропроникність. При цьому пароізоляційний шар необхідно розташовувати в огорожувальній конструкції біля внутрішньої поверхні не далі площини, температура якої дорівнює точці роси внутрішнього повітря

## 5.2. Конструктивні заходи для недопущення конденсації вологи в огорожувальній конструкції

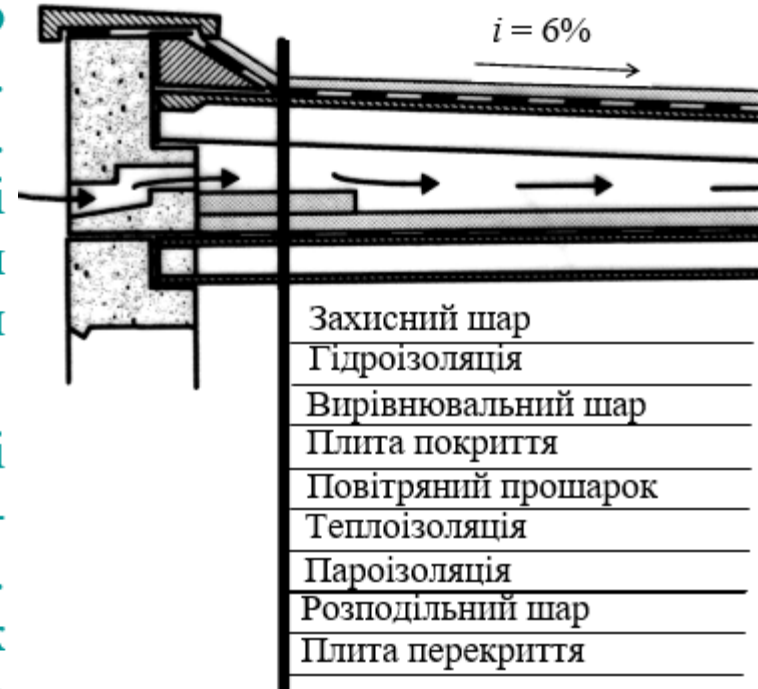


Конструкція невентильованої покрівлі

## 5.2. Конструктивні заходи для недопущення конденсації вологи в огорожувальній конструкції

- У вентиляованих покриттях висота повітряного прошарку повинна бути від 40 мм до 60 мм. Довжина прошарку повинна бути не більше 24 м. Теплова тяга забезпечується при нахилі покрівлі не менше 6 %. Зв'язок між внутрішнім повітрям приміщень та повітрям прошарку має бути виключеним.

- Вентилювані повітряні прошарки повинні розташовуватись між зовнішнім захисно-опоряджувальним шаром та теплоізоляцією. Шари конструкції, що розташовані між повітряним прошарком та зовнішньою поверхнею конструкції огороження під час розрахунку теплопередачі не враховуються.



Конструкція вентиляованої плоскої покрівлі



# Зменшення кількості та впливу містків холоду

Схеми розміщення основного способу улаштування збірних фасадних теплоізоляційних систем за допомогою гратчастого ригеля

Переріз зовнішньої стіни

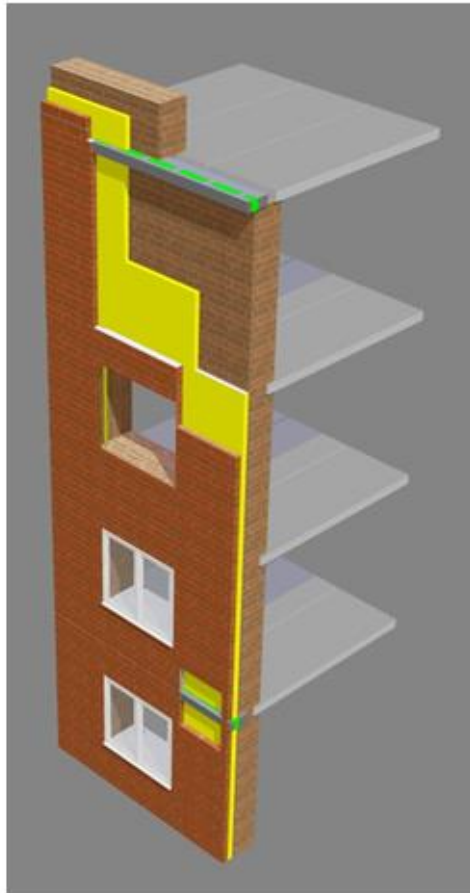


Схема конструкції при збірному перекритті

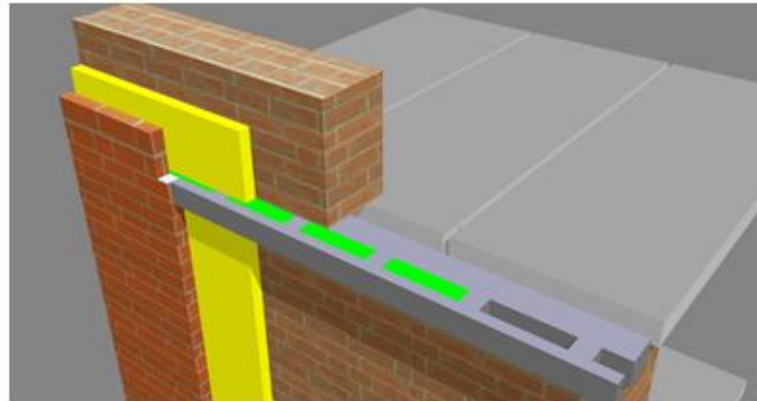
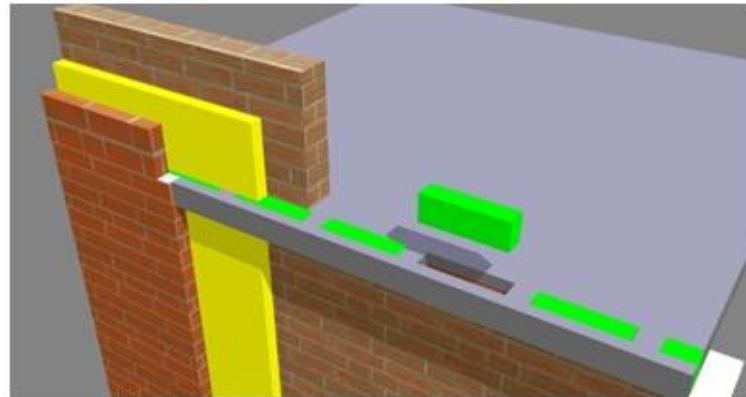
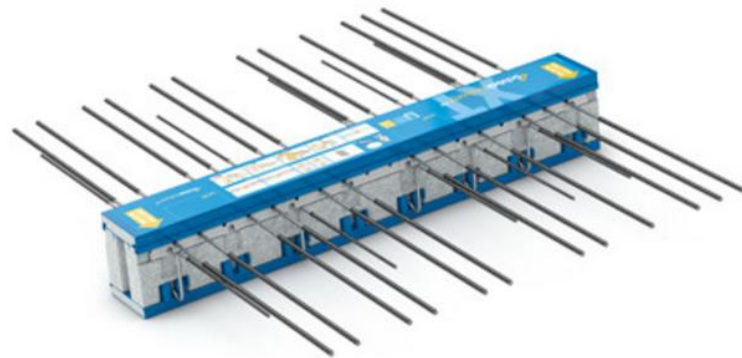


Схема конструкції при монолітному перекритті



## Зменшення кількості та впливу мостиків холоду



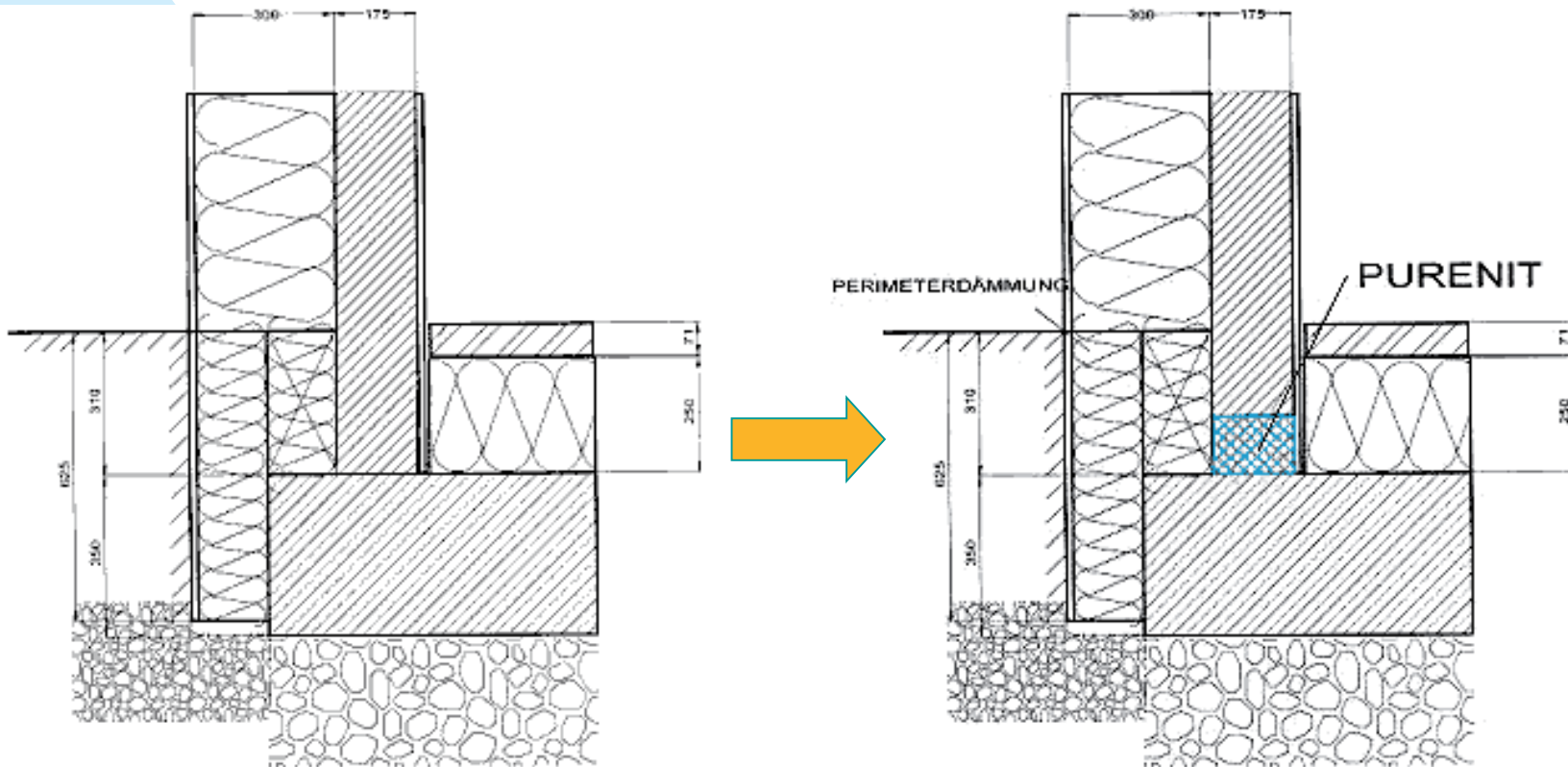
- Schock Isokorb® тип KXT с модулем НТЕ - для консольных балконов



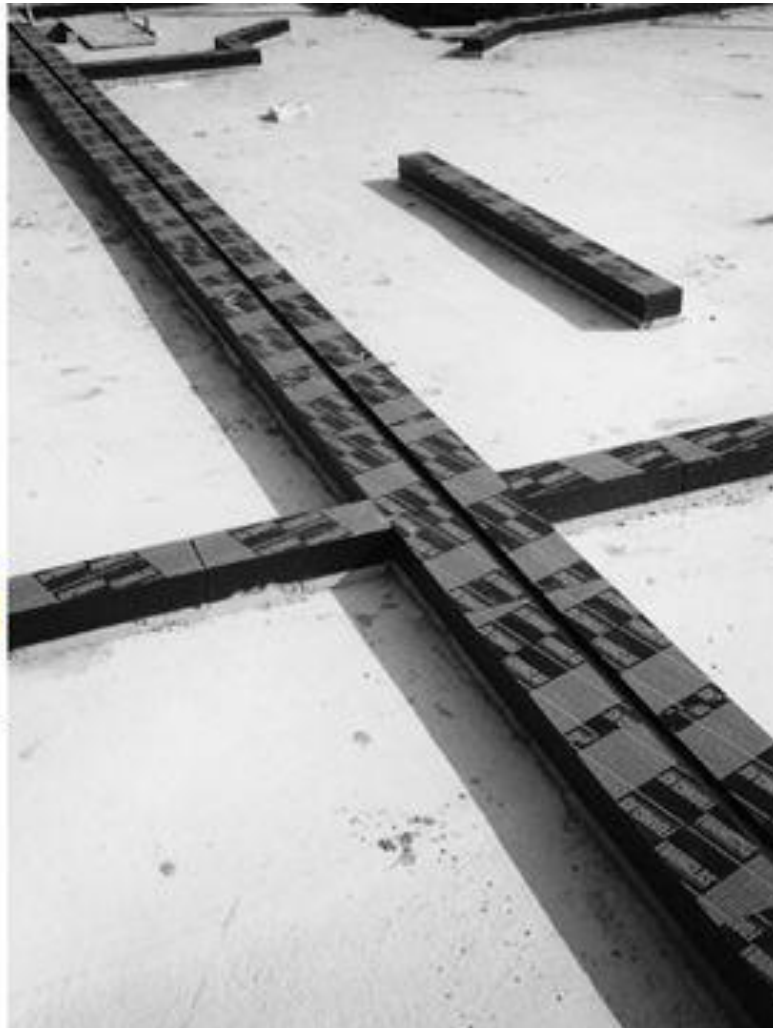
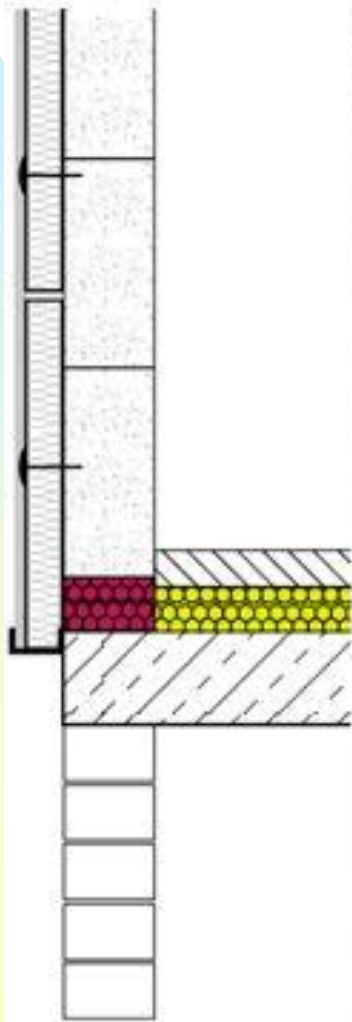
## Деталі теплової ізоляції без містків холоду



# Використання піноскла для ліквідації містка холоду



# Використання піноскла для ліквідації містка холоду

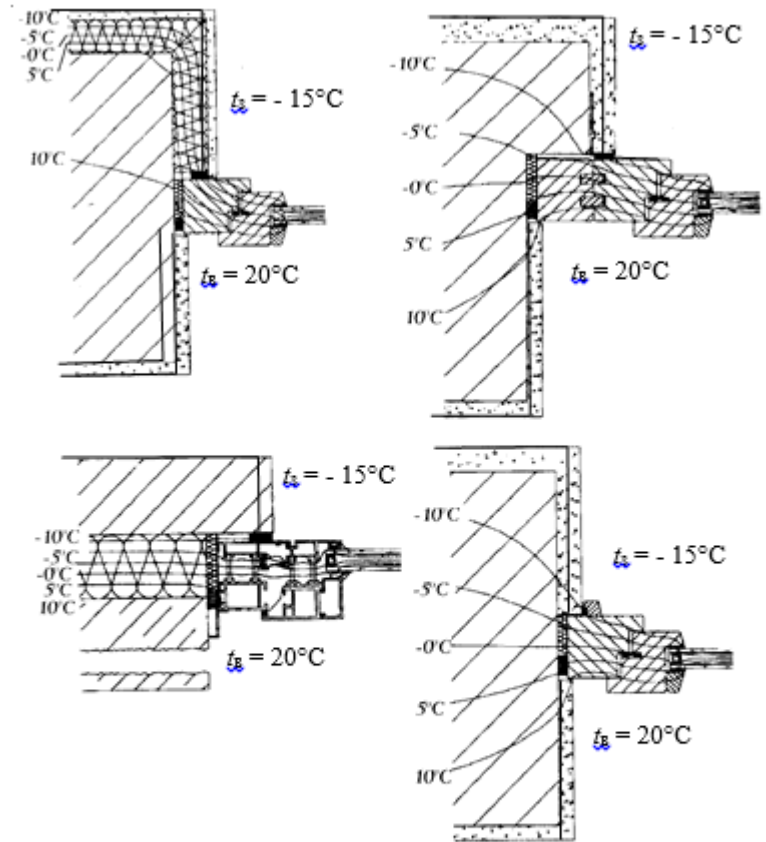


## Приставні балкони



## Зменшення кількості та впливу мостиків холоду

У стінах, які виконані з одного матеріалу, шар можливої конденсації розташований від половини до двох третин товщини конструкції від її внутрішньої поверхні, а у багат шаровій стіні – співпадає з шаром утеплювача. В зв'язку з цим, у однорідних стінах рекомендується розміщувати вікна посередині зовнішніх стін, а у стінах з утеплювачем – так, щоб внутрішня поверхня віконної рами була ближче до приміщення, ніж внутрішня поверхня утеплювача. Бажано також використовувати додаткове утеплення укосів



**Рис. 11.11. Проходження ізотерм у місцях приєднання при різних варіантах розташування вікна у прорізі**

## 9.2.2 Розрахунок перепаду температури між внутрішнім повітрям та внутрішньою поверхнею огорожувальної конструкції

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\Delta T_{сг}$ , °С, встановлюється залежно від призначення будинку і виду огорожувальної конструкції згідно з табл. 5.

**Таблиця 5** – Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\Delta T_{сг}$ , °С

Призначення будинку	Вид огорожувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні)	Покриття та перекриття горищ	Переkritтя над проїздами та підвалами
Житлові будинки, дитячі установи, школи, інтернати	4,0	3,0	2,0
Громадські будинки, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за виключенням приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5
Виробничі будинки з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будинки з вологим та мокрим режимом експлуатації	$t_{в} - t_{п}$	$0,8(t_{в} - t_{п})$	
Виробничі будинки з надлишками тепла (більше 23 Вт/м <sup>3</sup> )	12	12	



## 9.2.2 Розрахунок перепаду температури між внутрішнім повітрям та внутрішньою поверхнею огорожувальної конструкції

**A.2.2** Температурний перепад,  $\Delta T_{\text{пр}}$ , для огорожувальних конструкцій з коефіцієнтом скління не більше ніж 0,18 розраховується тільки для непрозорої частини огороження за формулою:

$$\Delta T_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в пр}}, \quad (\text{A.2})$$

де  $\tau_{\text{в пр}}$  – приведена температура внутрішньої поверхні, °С, термічно неоднорідної непрозорої конструкції, що розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{в пр}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{\tau}_{\text{в}i} \cdot F_i}{F_{\Sigma}}. \quad (\text{A.3})$$

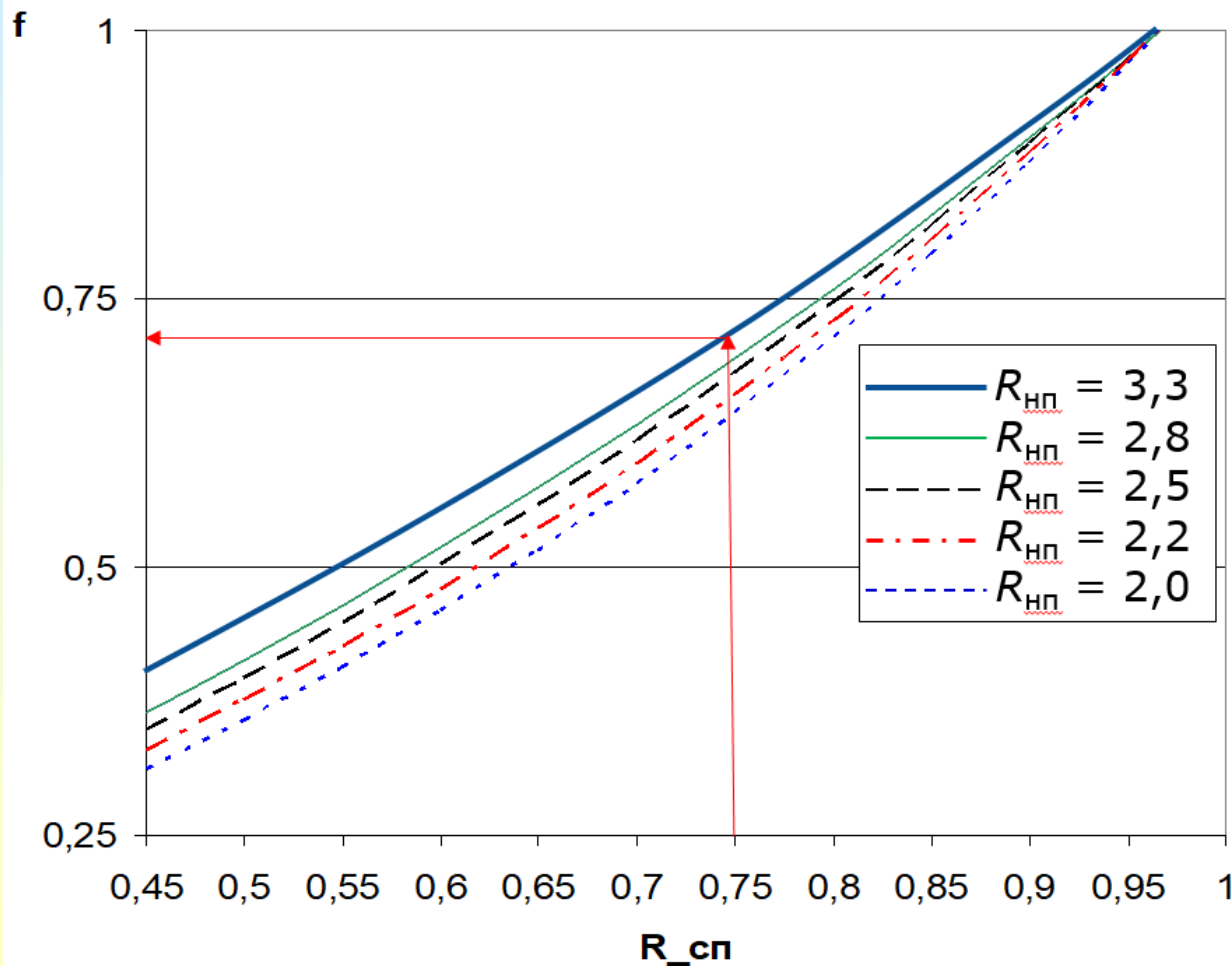
**A.2.3** Для огорожувальних конструкцій з коефіцієнтом скління 0,18 і більше температурний перепад  $\Delta T_{\text{пр}}$  розраховується за формулою:

$$\Delta T_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \frac{\tau_{\text{вн пр}} \cdot F_{\text{н}} + \tau_{\text{всп пр}} \cdot F_{\text{сп}}}{F_{\Sigma}}. \quad (\text{A.4})$$

де  $\tau_{\text{вн пр}}$ ,  $F_{\text{н}}$  – приведена температура внутрішньої поверхні, °С, та площа, м<sup>2</sup>, непрозорої частини огорожувальної конструкції;

$\tau_{\text{всп пр}}$ ,  $F_{\text{сп}}$  – приведена температура внутрішньої поверхні, °С, та площа, м<sup>2</sup> світлопрозорої частини огорожувальної конструкції.

## 9.2.2 Розрахунок перепаду температури між внутрішнім повітрям та внутрішньою поверхнею огорожувальної конструкції



*Залежність коефіцієнту скління фасадів громадського будинку від величини приведеного опору теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій*

$\Delta t_{\text{пр}} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$  при

1.  $R_{\text{сп}} = 0,97 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$   
 $f = 1$

2.  $R_{\text{сп}} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$   
 $f \leq 0,7$

## 5.3. Розрахунок теплостійкості огорожувальних конструкцій та приміщень

*Теплостійкість* – здатність зберігати у припустимих границях сталість температури на внутрішній поверхні огородження чи внутрішнього повітря, при періодичних змінах температури зовнішнього повітря чи нерівномірній подачі тепла від опалювальних приладів.

Для житлових та громадських будинків, навчальних та лікувальних установ обов'язкове виконання умов:

– теплостійкості зовнішніх огорожувальних конструкцій в літній період року:

$$A_{тв} \leq 2,5;$$

– теплостійкості приміщень в зимовий період року:

$$A_{тв} \leq 1,5.$$

Методичні положення, щодо розрахунку показників теплостійкості, викладено у ДСТУ-Н В.2.6-190:2013 «Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплозасвоєння огорожувальних конструкцій»

## 5.3. Розрахунок теплостійкості огорожувальних конструкцій та приміщень

Літній період

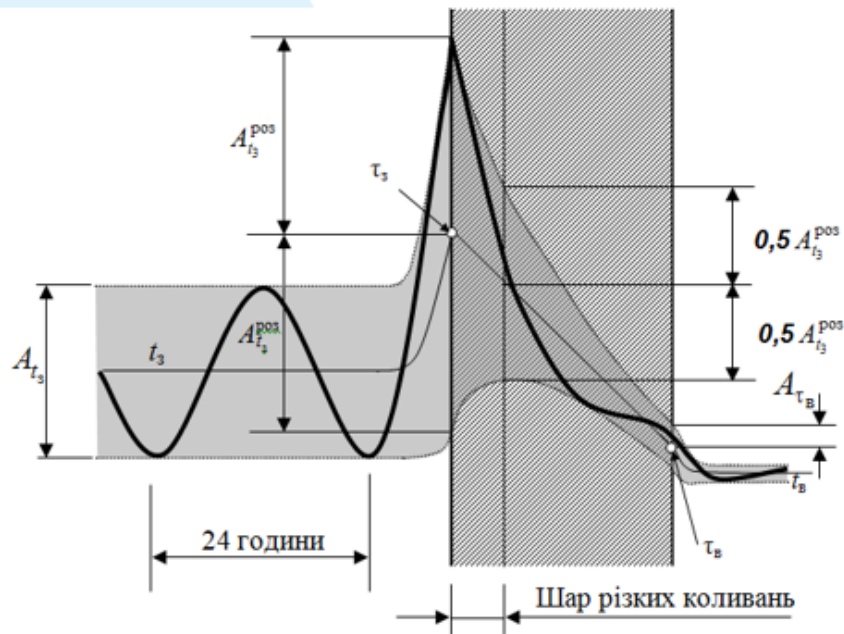


Рис. 9.14. Затухання температурних коливань у зовнішній огорожувальній конструкції у літній період

Розрахунок слід робити, якщо середньомісячна температура повітря найбільш жаркого місяця  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  та вище для стін, що мають теплову інерцію менше 4, і для покриттів з тепловою інерцією менше 5.

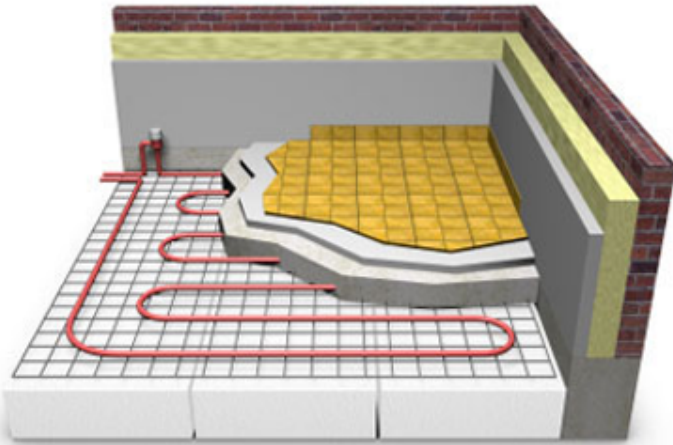
Підвищення теплостійкості огорожувальних конструкцій можна досягти за рахунок

- підвищення її опору теплопередачі;
- підвищення її теплової інерції;
- розташуванню в багатошаровій огорожувальній конструкції більш масивних матеріалів ближче до її внутрішньої поверхні;
- застосування вентилярованих зовнішнім повітрям та замкнених повітряних прошарків.

- зниження коефіцієнта поглинання сонячної радіації зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій завдяки пофарбуванню їх у ясні тони;
- екранування зовнішніх огорожень від сонячної радіації застосуванням сонцезахисних пристроїв, зелених насаджень тощо.

## 5.3. Розрахунок теплостійкості огорожувальних конструкцій та приміщень

Зимовий період



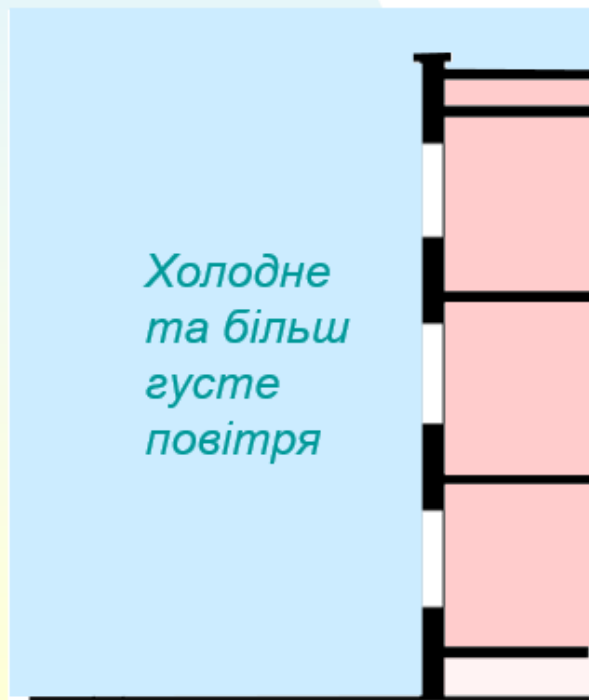
Оцінювання теплостійкості в зимовий період здійснюється за результатами розрахунків амплітуди коливань температури повітря в приміщенні,  $A_T, ^\circ\text{C}$ . Оцінювання теплостійкості приміщень у зимовий період у сучасному будівництві має особливе значення при застосуванні опалення приміщень за допомогою теплоакumuлюючої підлоги, здатної накопичувати тепло у нічний час, використовуючи нічний тариф для електроенергії.

За наявності у будівлі центрального опалення з автоматичним регулюванням температури внутрішнього повітря теплостійкість приміщень в холодний період року не нормується.

## 5.3. Розрахунок повітропроникності

### Чому триває перенесення повітря у конструкціях?

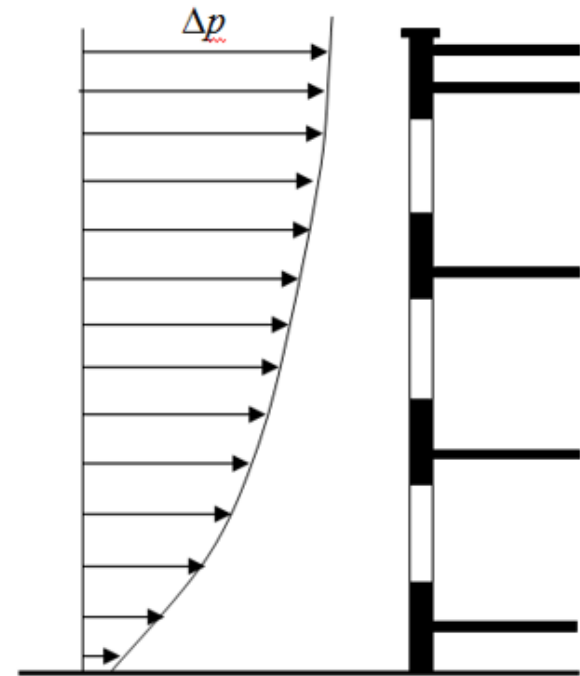
Взимку при дії вітру та теплового напору, що виникає при різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря, можлива фільтрація через огорожувальну конструкцію холодного зовнішнього повітря, яка може суттєво знизити його теплозахисні властивості, а у людей, які знаходяться поблизу огорожень, викликати відчуття дуття.



*Холодне  
та більш  
густе  
повітря*

*Тепле та  
менш  
густе  
повітря*

Причини виникнення теплового напору



Характер зміни вітрового тиску з висотою

## 5.3. Розрахунок повітропроникності

### Алгоритм розрахунку

(ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 «Настанова з

розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій»)

Нормативна повітропроникність огорожувальних конструкцій визначається за формулами:

Для світлонепрозорих конструкцій

$$G_{\text{н}}^{\text{к}} = G_{\text{н}} (\Delta p / \Delta p_0)$$

Для світлопрозорих конструкцій

$$G_{\text{н}}^{\text{к}} = G_{\text{н}} (\Delta p / \Delta p_0)^{0,67}$$

де  $G_{\text{н}}$  – допустима повітропроникність огорожувальної конструкції, яка приймається згідно з таблицею 1 залежно від виду огорожувальних конструкцій (при  $\Delta p = 10$  Па);

$\Delta p$  – розрахункова різниця тиску, Па, визначається згідно з формулою (4);

$\Delta p_0 = 10$  Па – різниця тисків, за якою визначається масова повітропроникність конструкцій експериментальним шляхом.

Вид огорожувальної конструкції	Значення допустимої повітропроникності огорожувальної конструкції, $G_{\text{н}}$
Зовнішні непрозорі конструкції житлових і громадських будинків	0,4 кг/(м <sup>2</sup> ·год)
Стики між елементами (панелями) непрозорих конструкцій житлових і громадських будинків	0,5 кг/(м·год)
Світлопрозорі конструкції житлових та громадських будинків, виробничих будинків із кондиціонуванням приміщень	4,0 кг/(м <sup>2</sup> ·год)

## 5.3. Розрахунок повітропроникності

Якщо повітропроникність велика, її можна зменшити розшивкою швів кладки, зовнішньою штукатуркою, прокладкою під зовнішнім шаром огороження матеріалів, що мають великий опір повітропроникності, наприклад картону, будівельного паперу, тощо.

Основні заходи по усуненню зайвої повітропроникності огороджувальної конструкції пов'язані зі **збільшенням опору повітропроникності стиків** між її окремими елементами та між нею та конструкціями, що до неї прилягають.



## 5.3. Розрахунок повітропроникності

### Вимоги до теплової надійності огороджувальних конструкцій

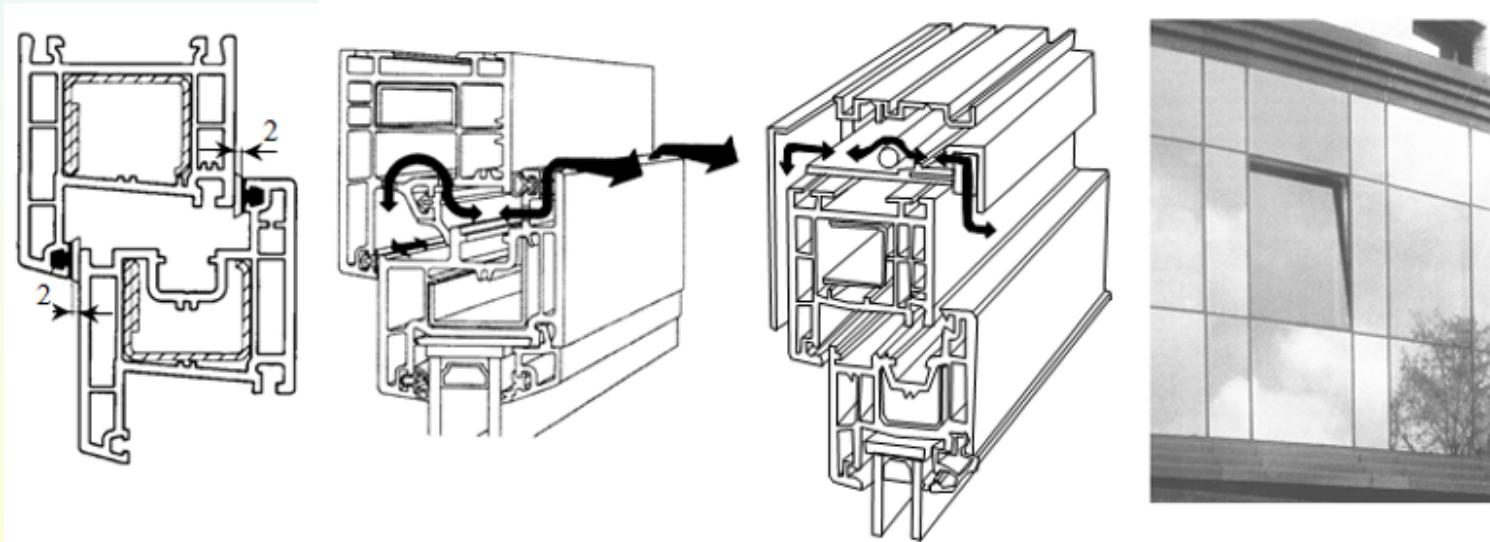
Для огороджувальних конструкцій опалюваних будівель обов'язковим є виконання умови:

$$G^k \leq G^k_n, \quad (1)$$

де  $G^k$  – повітропроникність огороджувальних конструкцій, кг/(м<sup>2</sup>·год) або кг/(м·год),

$G^k_n$  – нормативна повітропроникність огороджувальних конструкцій, кг/(м<sup>2</sup> · год)

Якщо опір повітропроникності світлопрозорих конструкцій  $R_{гск}$  більше ніж  $5 R_{гн}$ , необхідно передбачати засоби, які забезпечують нормативний повітрообмін у приміщеннях (ДБН В.2.6-31:2006)





Дякую за увагу