

# Архітектурно-будівельна кліматологія і теплотехніка



## Лекція 5

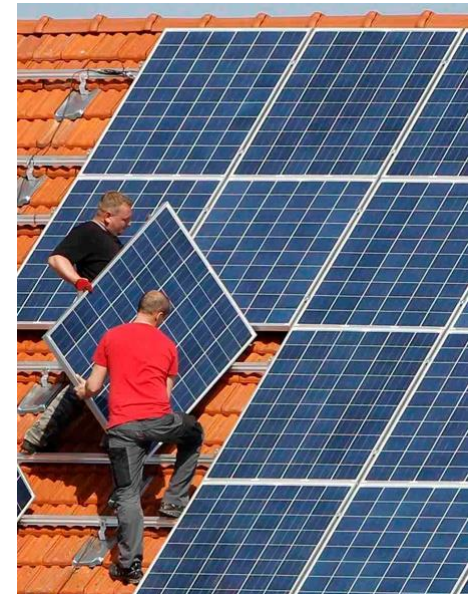
# Теплофізичні розрахунки та проектування теплоізоляційної оболонки будівель.

Підготував Сергейчук О.В.

## 5.1. Задачі архітектурно-будівельної теплотехніки

### Директиви Європейського союзу

Згідно зі ст. 9 Директиви Європейського союзу (ЄС) про енергетичну ефективність будівель (EPBD) країни-члени ЄС повинні гарантувати, що до 31 грудня 2020 енергетичні характеристики всіх нових будинків будуть відповідати показникам будівель з мінімальним або нульовим споживанням енергії. Так звана мета «20-20-20» означає, що до 2020 року на 20% скоротиться споживання первинної енергії, 20% становитиме частка енергії, отримана з поновлюваних джерел, на 20% відбудеться зниження викидів вуглекислого газу.



## 5.1. Задачі архітектурно-будівельної теплотехніки

### Директиви Європейського союзу

Директива 2002/91 / ЄС (EPBD), яка була переглянута в травні 2010 року (Директива 2010/31 / ЄС), спрямована на сприяння поліпшенню енергетичної ефективності будівель, з урахуванням кліматичних і місцевих умов.

**Ці директиви встановлюють необхідність:**

- Впровадження методології розрахунку енергетичної ефективності будівель та будівельних конструкцій;
- Нормування і регулярне оновлення мінімальних вимог до енергетичної ефективності нових і реконструйованих будівель;
- Розробку та впровадження системи енергетичної сертифікації нових та існуючих будівель;
- Регулярного контролю роботи систем опалення та систем кондиціонування повітря.

# 5.1. Задачі архітектурно-будівельної теплотехніки

## ПАСПОРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ



інформації про розрахункові показники енергетичної ефективності будівель



Реконструкція



Капітальний ремонт



Проектування нового будівництва

**Складання енергетичного паспорта відповідно з ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель»**  
ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007  
«Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції»



інформації про фактичні показники енергетичної ефективності будівель

Будівлі, що вже збудовані

ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015  
«Енергоефективність будівель. Настанова щодо застосування методу проведення енергетичної оцінки та енергетичної сертифікації будівель»

Енергетичний сертифікат

BUILDING ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE				
Building information	Calculated building classification		As built	After renovation
	As built	After renovation		
Building name: XY	A	B	C	C
Floor area: XY m <sup>2</sup>	C	D	E	F
Calculated energy use: XY kWh/m <sup>2</sup> a	E	F	G	G
Energy delivered: XY GJ	F	G	G	G
Energy used by:				
Heating: XY%	Cooling: XY%	Ventilation: XY%	DHW: XY%	Lighting: XY%
Date validity: DD MM YYYY		Name Surname		
Date made by: XY		Licence Nr. XY		

## 5.1. Задачі архітектурно-будівельної теплотехніки



Карта - схема температурних зон України

# 5.1. Задачі архітектурно-будівельної теплотехніки

## Вимоги до енергопотреби будівель

### ДБН В.2.6-31:2016

Таблиця 1 – Нормативна максимальна питома енергопотреба для житлових та громадських будівель  $EP_{max}$

Ч.ч.	Призначення будівлі	Значення $EP_{max}$ , кВт·год/м <sup>2</sup> [кВт·год/м <sup>3</sup> ], для температурної зони України	
		I	II
1	2	3	4
1	Житлові будинки поверховістю:		
	від 1 до 3	120	110
	від 4 до 9	83	81
	від 10 до 16	77	75
	17 і більше	70	68
2	Громадські будівлі та споруди поверховістю:		
	від 1 до 3	$[20 \Lambda_{bc} + 31]$	$[19,4 \Lambda_{bc} + 33]$
	від 4 до 9	[38]	[40]
	від 10 до 24	[37]	[39]
	25 і більше	[34]	[36]
3	Підприємства торгівлі	$[28 \Lambda_{bc} + 17]$	$[32 \Lambda_{bc} + 18]$
4	Готелі		
	від 1 до 3	110	100
	від 4 до 9	75	70
	10 і більше	65	60
5	Будинки та споруди навчальних закладів [28]	[30]	
6	Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів	[48]	[50]
7	Заклади охорони здоров'я	[48]	[50]

Примітка.  $\Lambda_{bc}$  – коефіцієнт компактності будівлі, м<sup>-1</sup>, знаходиться згідно з А.8.

5.3 Для будівель, що підлягають термомодернізації, допускається приймати збільшені значення максимальної річної питоми енергопотреби з коефіцієнтом 1-1,25 до  $EP_{max}$ .

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



## 5.1. Задачі архітектурно-будівельної теплотехніки

### Класифікація будинків, за ступенем енергоефективності згідно ДБН В 2.6-31:2006

ДБН В.2.6-31:2016

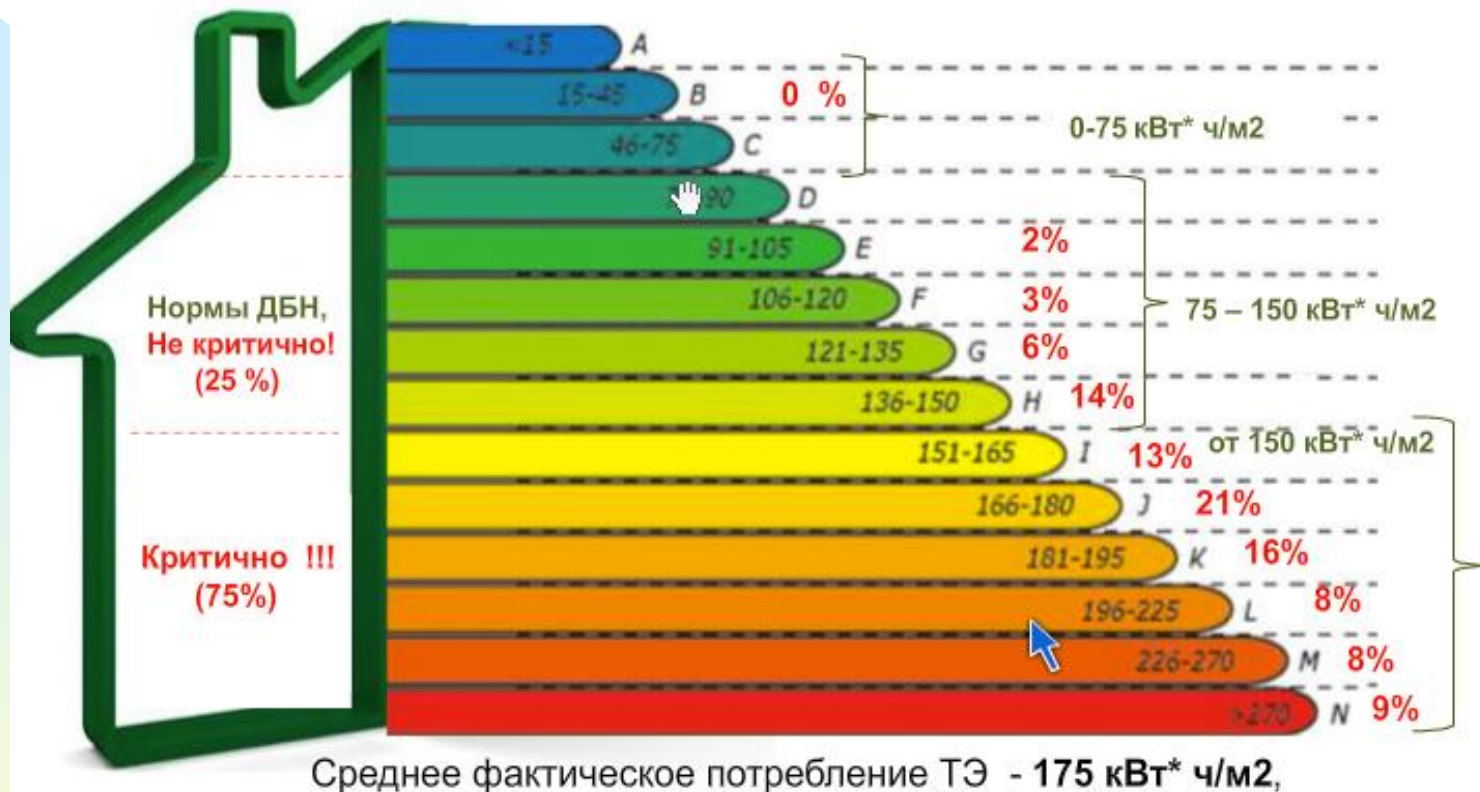
5.4 Клас енергетичної ефективності встановлюють відповідно до положень таблиці 2 та 1.

**Таблиця 2** – Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребою	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотреби $EP$ від максимально допустимого значення $EP_{max}$ , $[(EP - EP_{vax})/EP_{max}] \cdot 100$ %
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

## 5.1. Задачі архітектурно-будівельної теплотехніки

### Класифікація будинків, за ступенем енергоефективності



Середнє споживання

в Україні – **260** кВт\*год/м<sup>2</sup>

в ЄС – **90 - 120** кВт\*год/м<sup>2</sup>

Будівлі за рівнем споживання енергії (2014 р.)



## 5.1. Задачі архітектурно-будівельної теплотехніки

---

**Клас енергетичної ефективності будь-якого обладнання повинен бути не нижче, ніж клас енергоефективності будівлі!**

## 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:

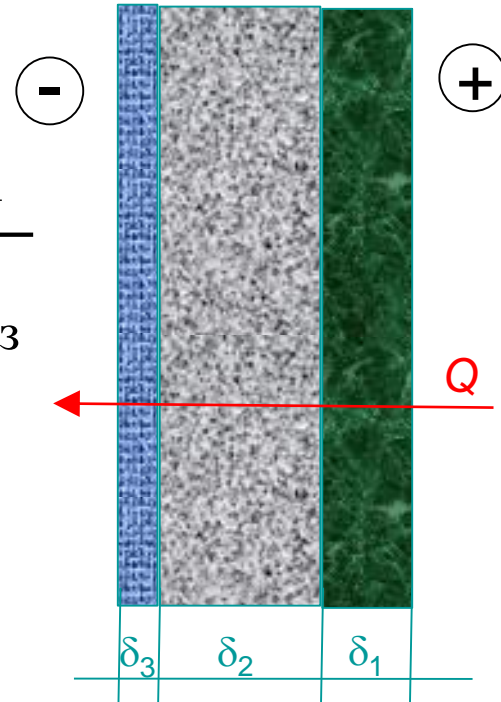
Економічні вимоги	Санітарно-гігієнічні вимоги	Вимоги теплової надійності
$R_{\Sigma пр} \geq R_{q min}$	$A_{\tau_B} \leq 2,5$	$T_{B min} > T_{min}$
$EP \leq EP_{max}$	$A_t \leq 1,5$	$G^K \leq G_H^K$
	$Y_{II} \leq Y_{max II}$	$\Delta w \leq \Delta w_D$
	$\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{сг}$	

**Опір теплопередачі** – величина, що визначає здатність конструкції чинити опір тепловому потоку, що через неї проходить –  $R$  [м<sup>2</sup>·К·Вт]

Для однорідних огороджувальних конструкцій:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}$$

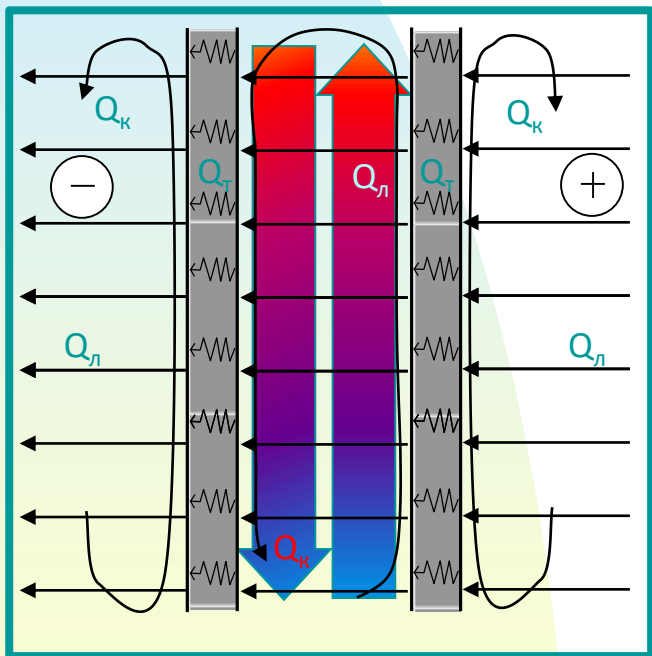
Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	
	$\alpha_2$	$\alpha_3$
Зовнішні стіни, дахи, покриття, перекриття над проїздами плоскі та з ребрами при відношенні висоти ребра $h$ до відстані між гранями $b$ сусідніх ребер $h/b \leq 0,3$ $h/b > 0,3$	8,7	23
	7,6	23
Перекриття горищ та холодних підвалів		12
Перекриття над холодними підвалами та технічними поверхнями, що розташовані нижче рівня землі		6
Вікна, балконні двері, вітражі та світлопрозорі фасадні системи	8,0	23
Зенітні ліхтарі	9,9	23



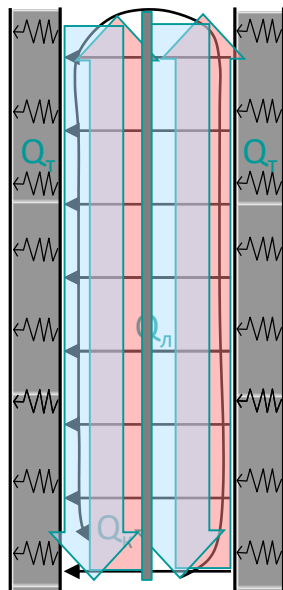
Термічний опір замкнених повітряних прошарків визначається за відповідними таблицями, в залежності від їх товщини, температури та розташування

## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

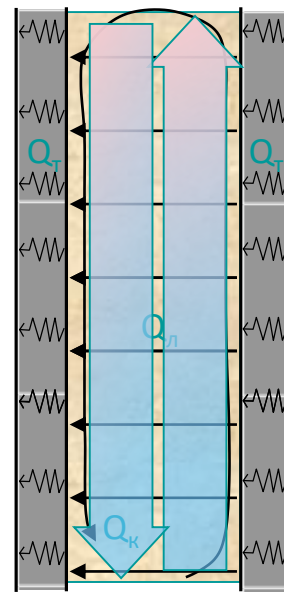
### 5.2.1. Особливості теплофізичних процесів у замкнених прошарках



Зменшення товщини прошарків

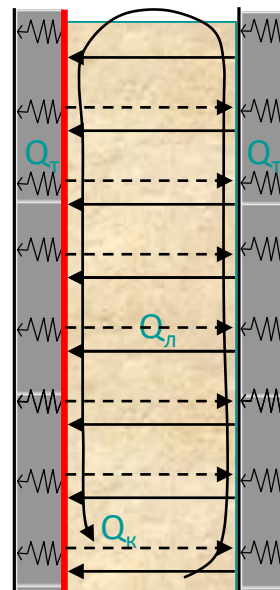


Заповнення прошарків важкими газами



-

+



Влаштування теплового дзеркала

## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.1. Особливості теплофізичних процесів у замкнених прошарках

При проектуванні зовнішніх огорожувальних конструкцій з повітряними прошарками необхідно мати на увазі наступне:

- Ефективними, з теплотехнічної точки зору, є тільки прошарки, що мають невелику товщину, тому необхідно уникати товстих прошарків, якщо це не виправдовується конструктивними міркуваннями.
- Товсті прошарки вигідно наповнювати малотеплопровідними матеріалами;
- Більш раціонально робити в огорожувальній конструкції декілька прошарків малої товщини, ніж один великої товщини.
- Повітряні прошарки бажано розміщувати ближче до зовнішнього боку огороження, оскільки у цьому випадку зменшується кількість тепла, що передається випромінюванням.
- Повітряні прошарки повинні бути замкнутими, якщо це не суперечить іншим міркуванням (наприклад, забезпечення більшої теплостійкості огорожень в умовах жаркого клімату).
- Вертикальні прошарки в зовнішніх стінах необхідно перегороджувати горизонтальними діафрагмами на рівні перекриттів, оскільки це зменшує конвекційний рух повітря у прошарку.
- Одну з поверхонь прошарку бажано покривати алюмінієвою фольгою, оскільки при цьому приблизно удвічі зменшується кількість тепла, що передається випромінюванням. Покриття ж фольгою ще і другої поверхні практично не збільшує термічний опір прошарку. Найбільш ефективно встановлювати у прошарку відбивної ізоляції зі спіненим шаром

## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.1. Особливості теплофізичних процесів у замкнених прошарках

#### ДОДАТОК И

(обов'язковий)

#### ТЕРМІЧНИЙ ОПІР ЗАМКНЕНИХ ПОВІТРЯНИХ ПРОШАРКІВ

Таблиця И.1 - Термічний опір повітряного прошарку,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , залежно від розміщення в конструкції

Товщина повітряного прошарку, м	Розміщення прошарку			
	горизонтальне при потоці тепла знизу вгору та вертикальне		горизонтальне при потоці тепла згори донизу	
	середня температура повітря у прошарку			
	$\geq 0^\circ\text{C}$	$< 0^\circ\text{C}$	$\geq 0^\circ\text{C}$	$< 0^\circ\text{C}$
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2-0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Таблиця И.2 – Термічний опір замкненого повітряного прошарку,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , при встановленні відбивної ізоляції

Кількість прошарків (товщиною по 50-100 мм)	Середня температура повітря прошарку	Тип відбивної ізоляції, товщина спіненого шару, мм					
		А (одностороння)*			Б (двостороння)		
		3	5	10	3	5	8
1	$\geq 0^\circ\text{C}$	0,34	0,48	0,84			
1	$< 0^\circ\text{C}$	0,3	0,4	0,79			
2	$\geq 0^\circ\text{C}$	0,79	1,0	1,3	0,85	1,39	1,49
2	$< 0^\circ\text{C}$	0,64	0,79	1,2	0,82	1,25	1,4

Примітка:\*. Встановлення ізоляції в відбивним шаром у бік приміщення

## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

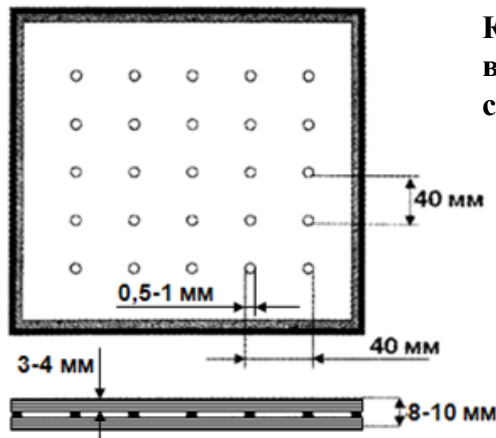
### 5.2.1 Особливості теплофізичних процесів у світлопрозорих конструкціях

Табл. 2.2. Фізико-технічні характеристики газів, що використовуються для заповнення склопакетів

Газ	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопровідність $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Динамічна в'язкість $\mu$ , кг/(м·с)	Теплоємність $c$ , Дж/(кг·°С)
Сухе повітря	1,23	0,025	$1,76 \cdot 10^{-5}$	1
Аргон	1,7	0,0168	$2,16 \cdot 10^{-5}$	0,519
Криптон	3,56	0,009	$2,67 \cdot 10^{-5}$	0,245
Гексафторид сірки	6,36	0,0128	$1,46 \cdot 10^{-5}$	0,614

Табл. 2.3. Фізико-технічні характеристики аерогелю діоксиду кремнію

Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопровідність $\lambda$ , Вт/(м·°С)		Швидкість звуку $c$ , м/с	Коефіцієнт заломлення $n$
	у звичайному стані	у 90 %-му вакуумі		
3,0	0,017	0,008	100	1,0-1,05

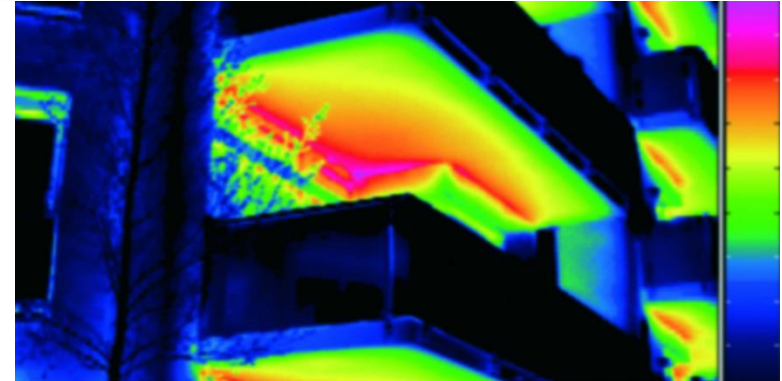
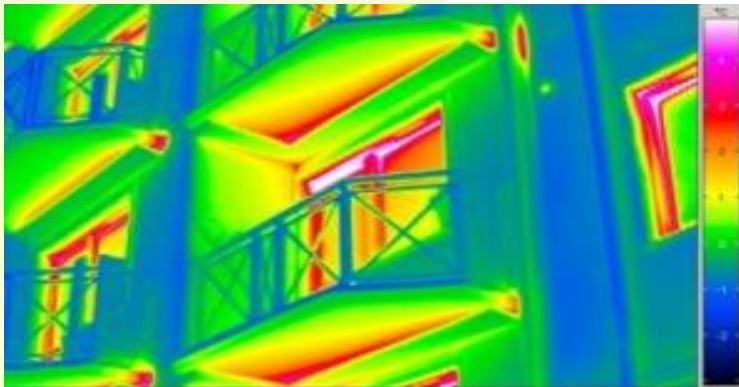
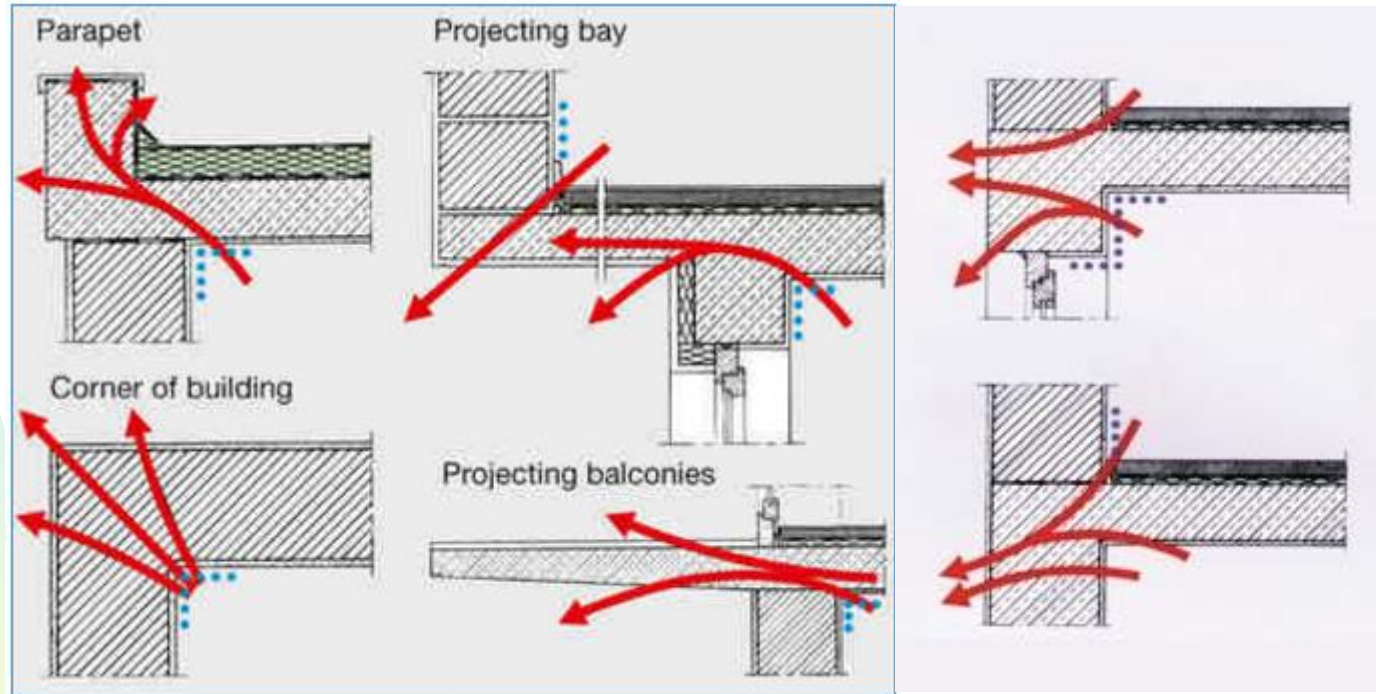
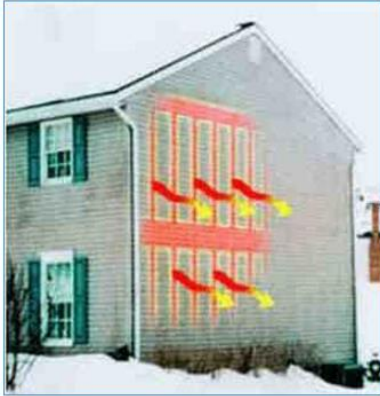


Конструкція вакуумного склопакета

	Однокамерний склопакет	Двокамерний склопакет		Трикамерний склопакет
		з трьома стеклами	з використанням плівки усередині	
3 використанням звичайних стекл				
3 використанням теплоізоляційного скла				
3 використанням скла з твердим покриттям для сонцезахисту				
3 використанням скла з м'яким покриттям для сонцезахисту				
3 використанням триплексу				

## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій





## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

#### Зменшення кількості та впливу містків холоду

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

Переріз зовнішньої стіни

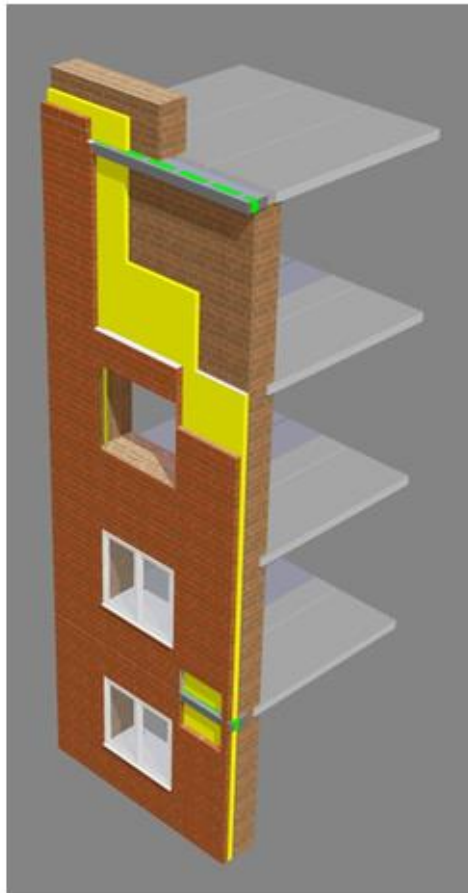


Схема конструкції при збірному перекритті

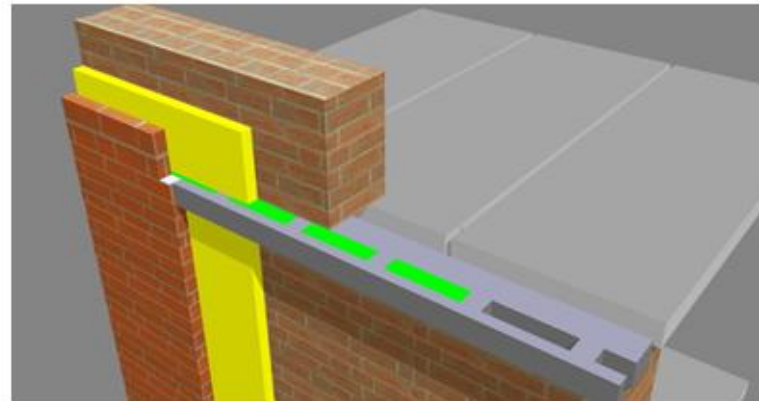
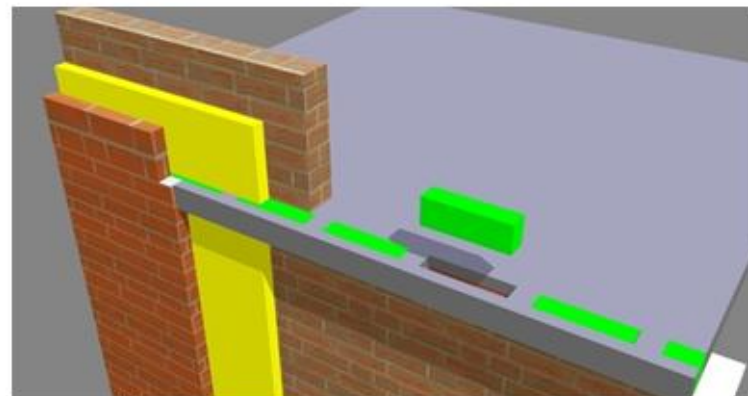


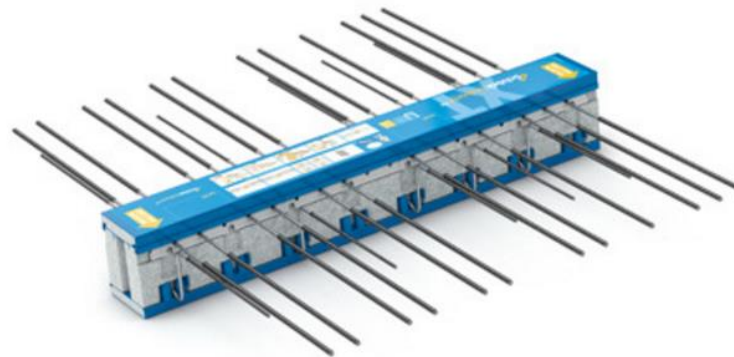
Схема конструкції при монолітному перекритті



## 2.2. Загальні принципи проектування енергоефективних будинків

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

Зменшення кількості та впливу мостиків холоду



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

## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій



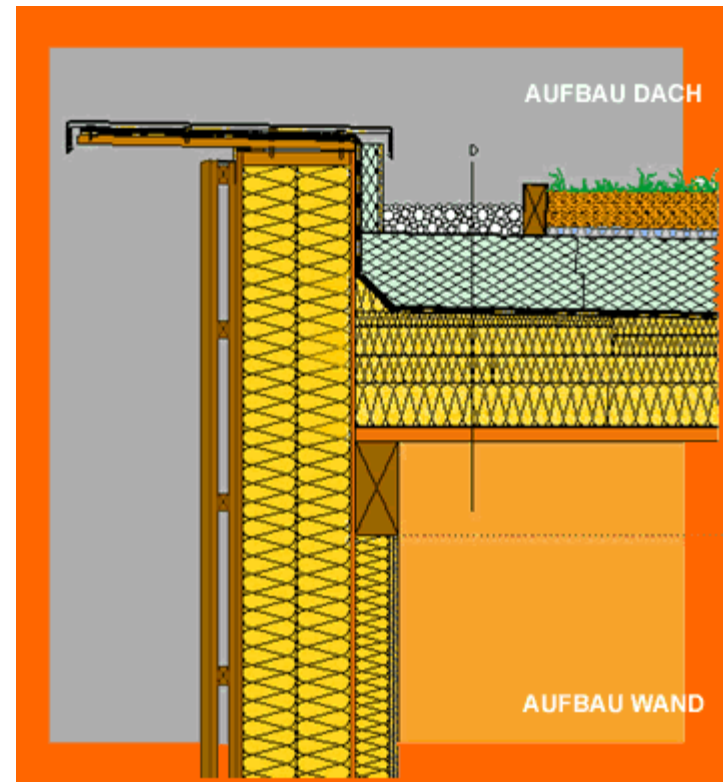
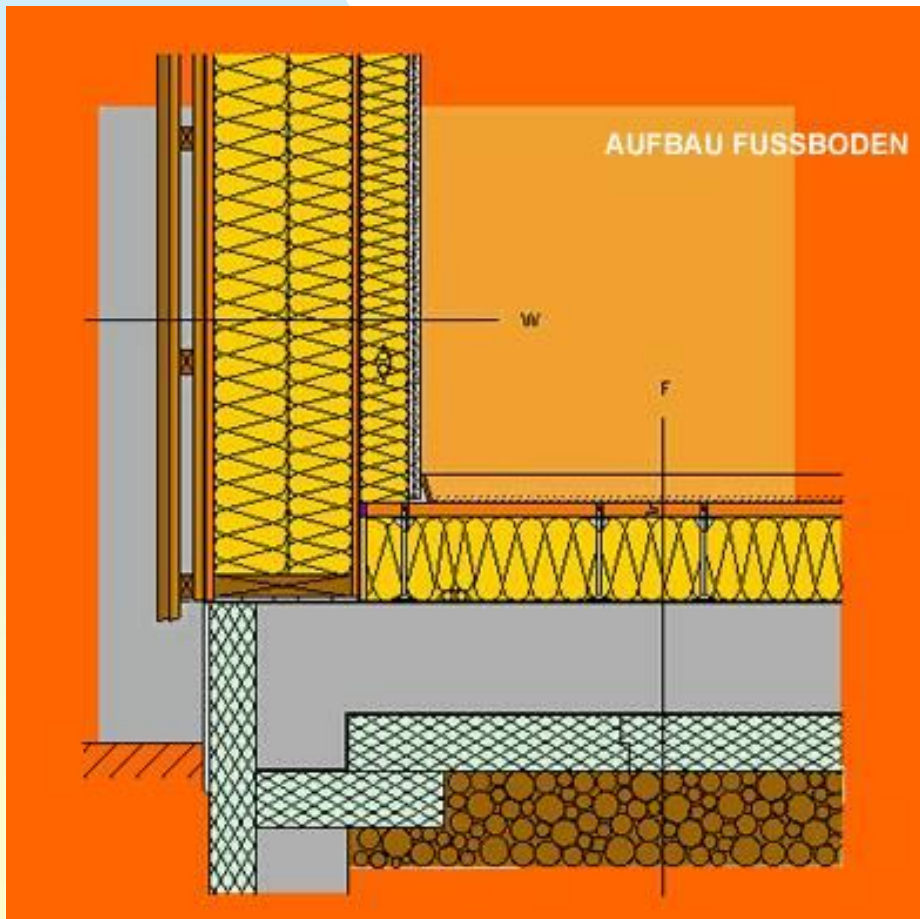
**Деталі теплової ізоляції  
без містків холоду**



## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

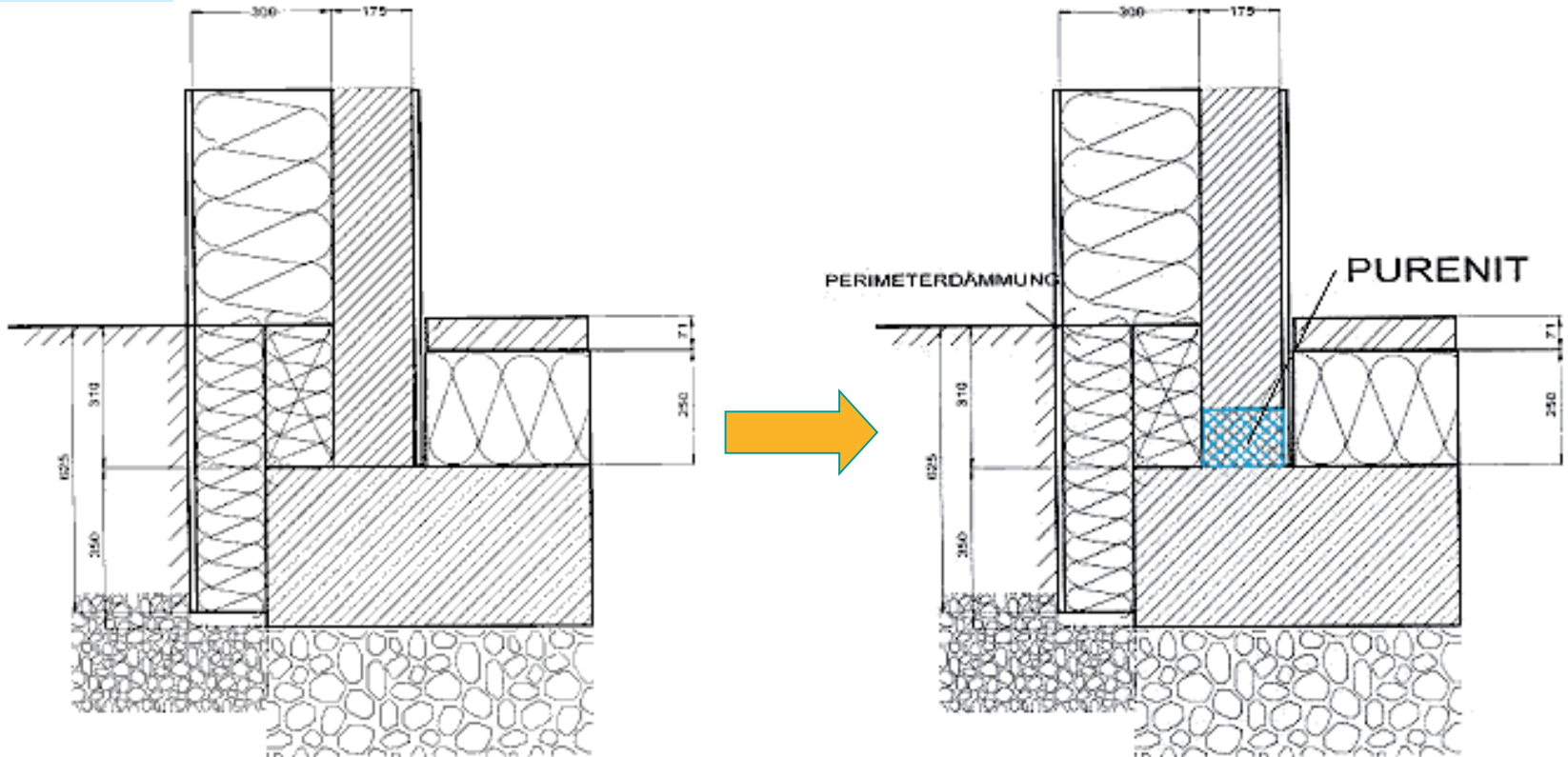
# Приклади конструктивного вирішення ізоляції підлоги і даху



## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

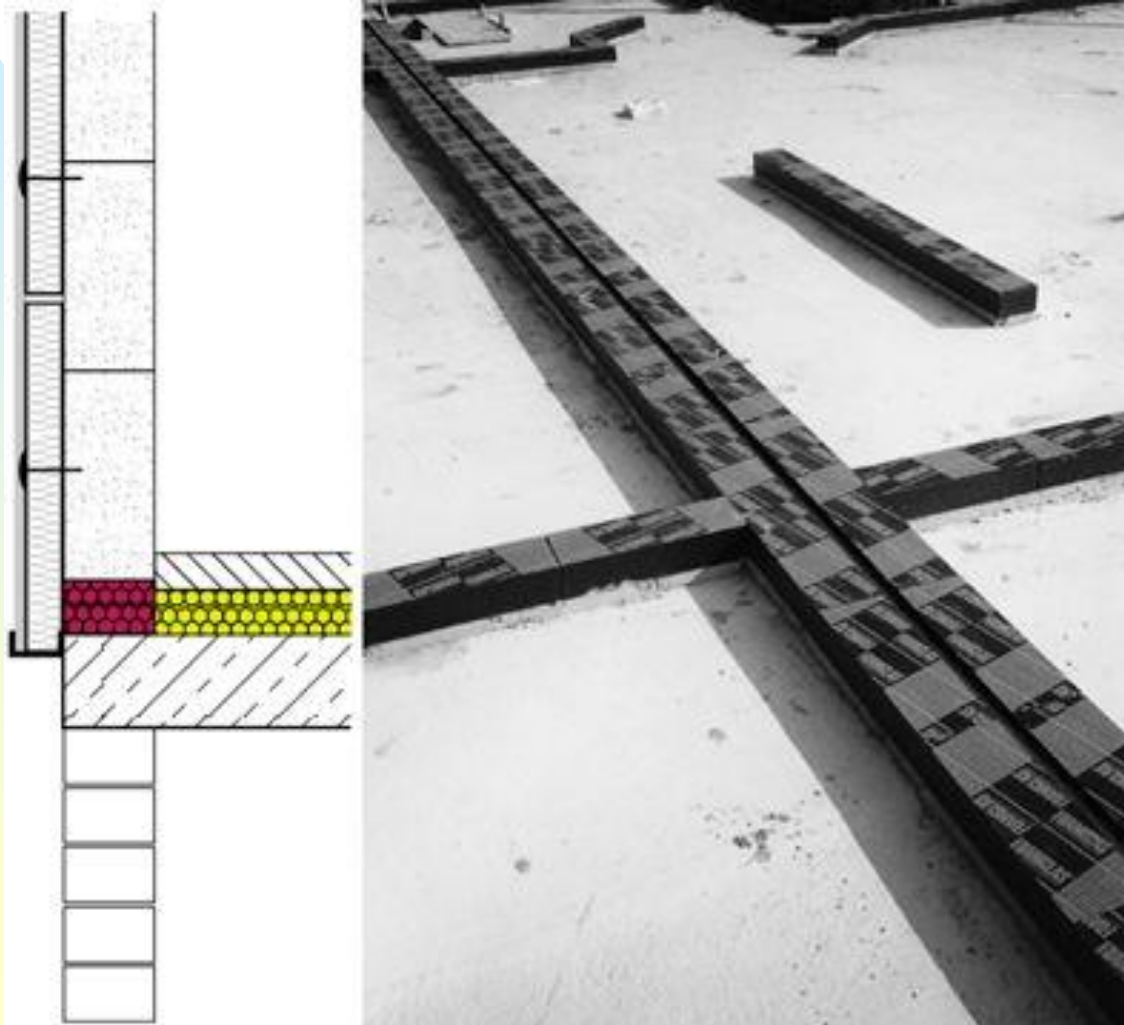
# Використання піноскла для ліквідації містка холоду



## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

# Використання піноскла для ліквідації містка холоду



## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

# Приставні балкони



## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

Якщо непрозора огорожувальна конструкція *термічно неоднорідна*, то визначається її приведений опір теплопередачі  $R_{\Sigma \text{ пр}}$ , м<sup>2</sup>·К/Вт, за формулою

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{j=1}^m \frac{F_j}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_j + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}}}$$

де  $\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_{\text{з}}$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь

$R_j$  – термічний опір  $j$ -ї термічно однорідної зони, що визначається експериментально або розрахунком двовимірного (тривимірного) температурного поля, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$F_j$  – площа  $j$ -ї термічно однорідної зони, м<sup>2</sup>;

$F_{\Sigma}$  – площа огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>;

$m$  – кількість однорідних зон у конструкції.

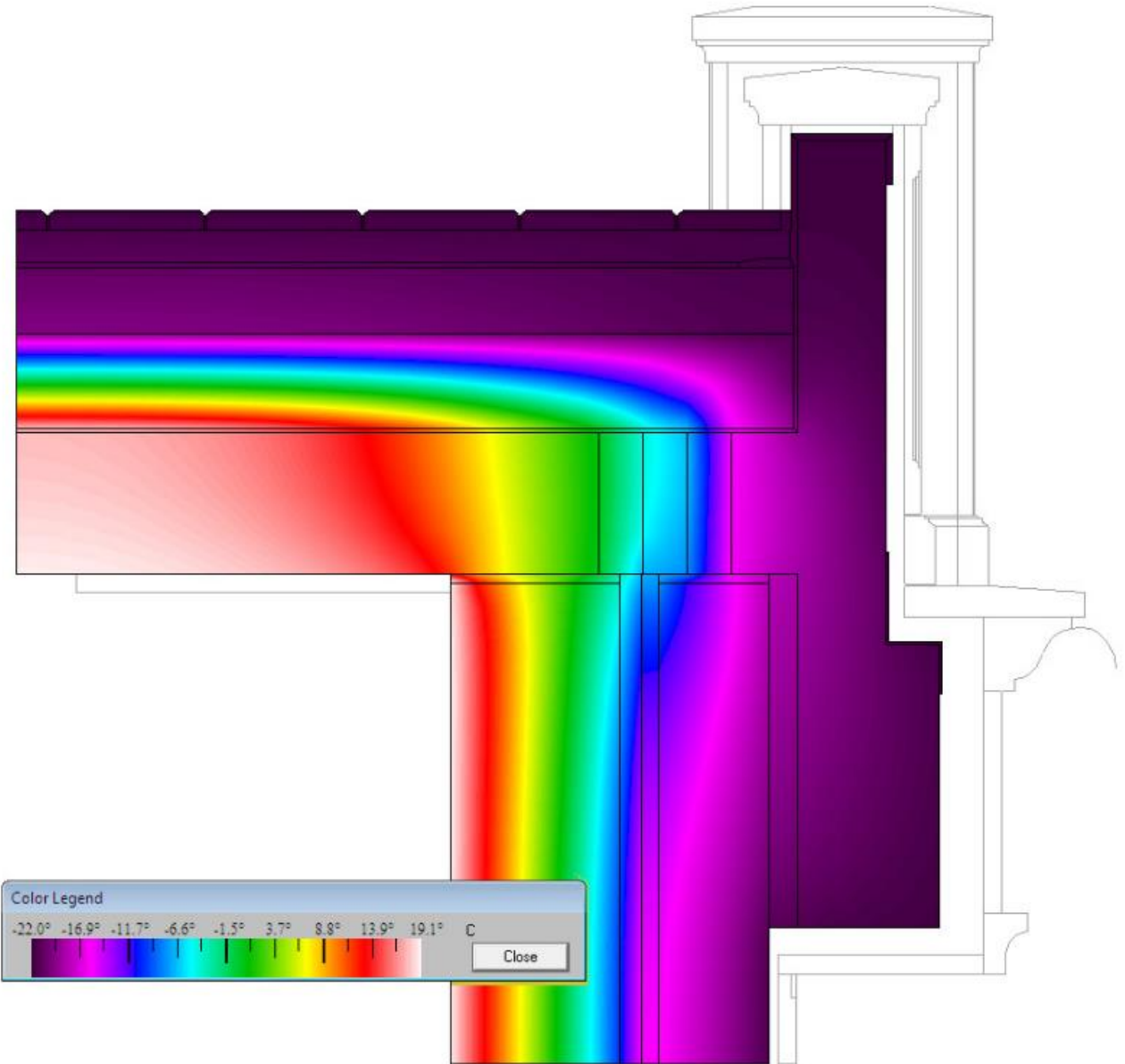
Програми: Term, ANSYS, SolidWorks, DesignSpace, ELCUT, Heat2, Heat3 та ін.



## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

THERM

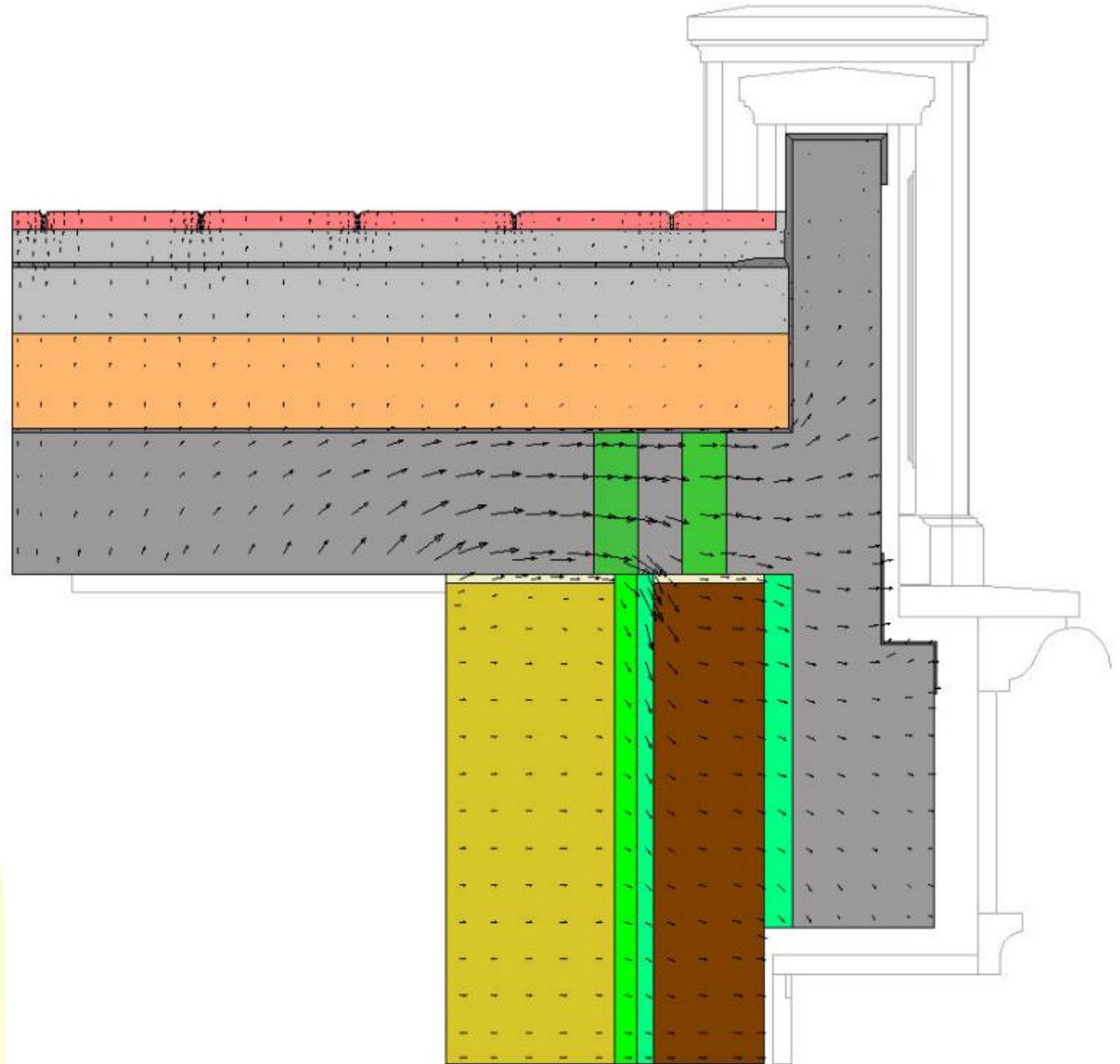


Термограма

## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

THERM



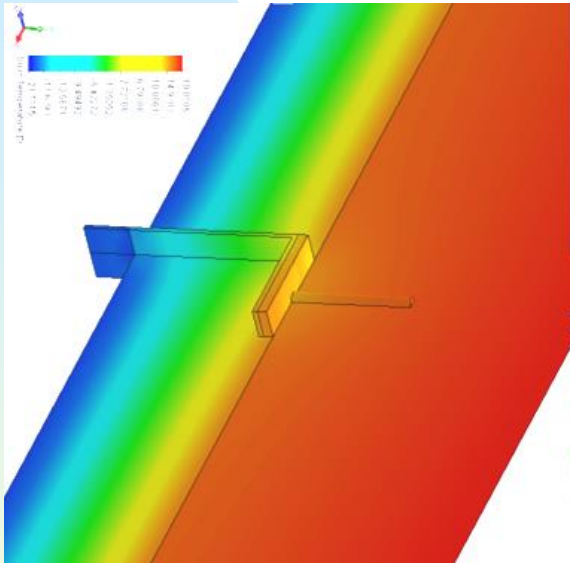
Теплові потоки



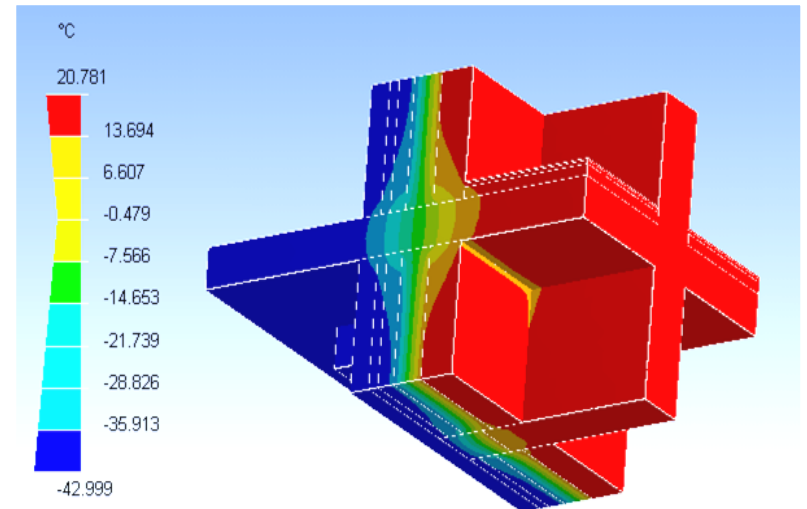
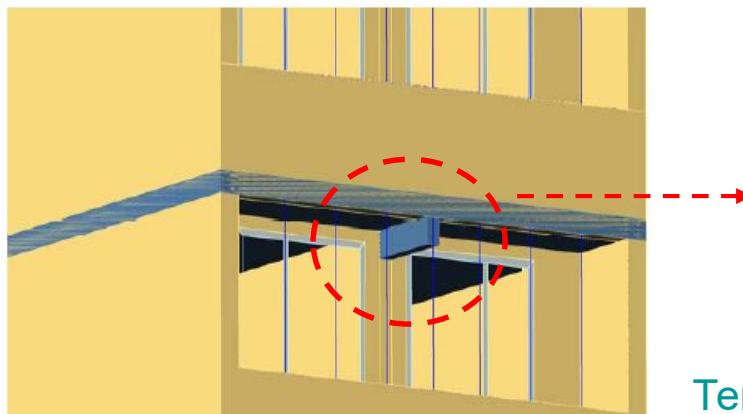
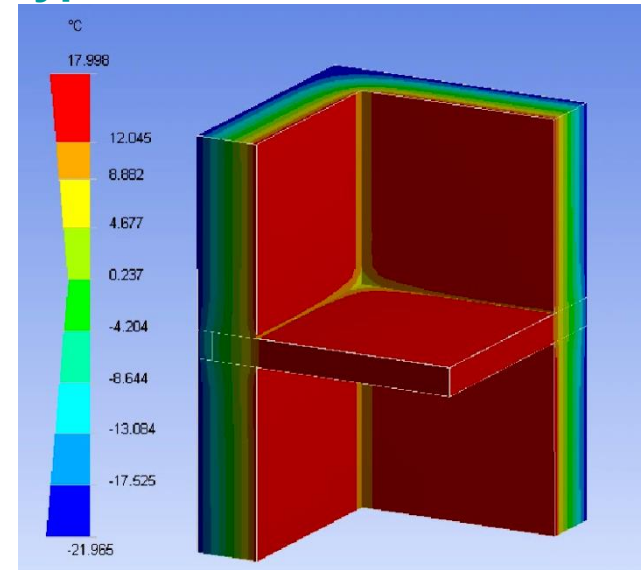
## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій Моделювання тривимірного температурного поля

Температурне поле вузла у зоні кронштейна



Температурне поле кута



Температурне поле примикання балки до колони

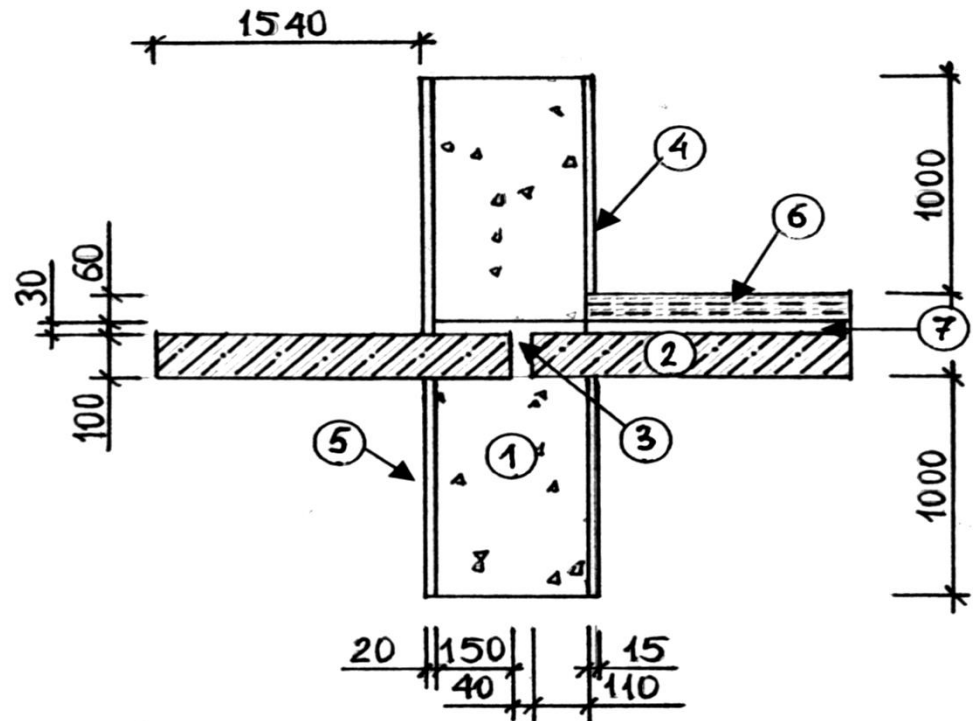
## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

**Лінійний коефіцієнт теплопередачі** – коефіцієнт теплопередачі термічно неоднорідної огорожувальної конструкції, що враховує кількість теплоти, яка передається через лінійне теплопровідне включення при різниці температур середовищ, розділених конструкцією в 1 К, яка приведена до 1 м довжини теплопровідного включення і визначається на підставі розрахунків чи результатів випробувань

Для типових конструктивних вузлів значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведено у:

- додатку И ДБН В.2.6-31
- додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013



$$k = 0,44 \text{ Вт/(м·К)}$$

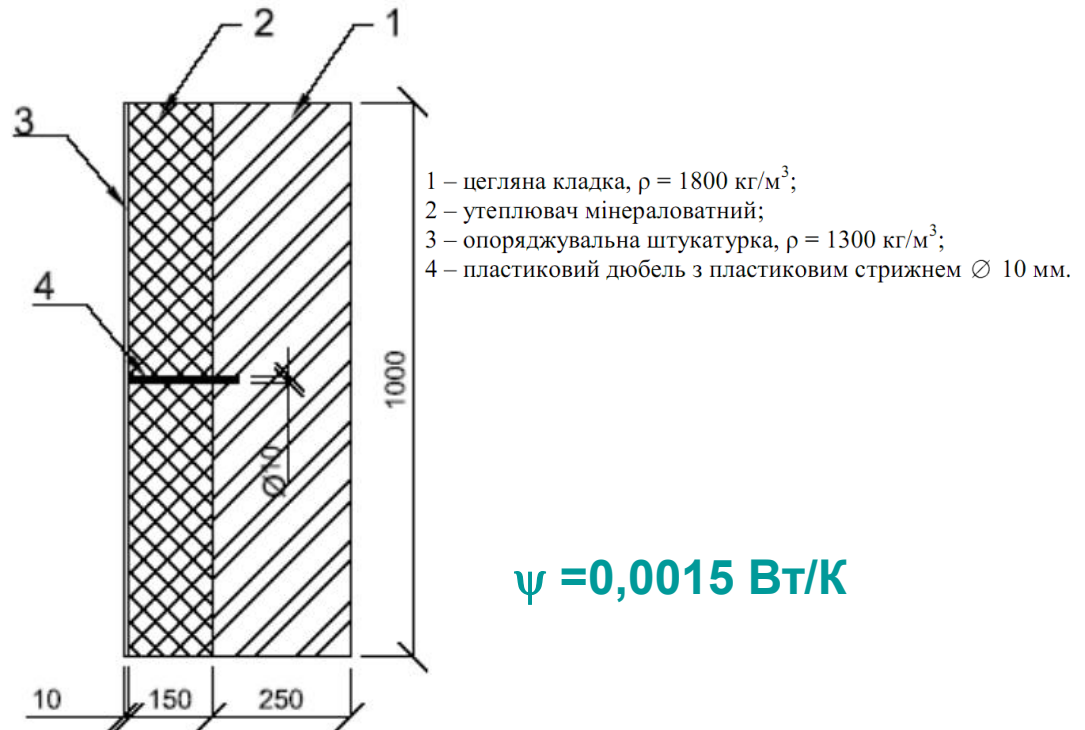
## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.2. Розрахунок термічно неоднорідних конструкцій

**Точковий коефіцієнт теплопередачі** – коефіцієнт теплопередачі термічно неоднорідної огорожувальної конструкції, що враховує кількість теплоти, яка передається через точкове теплопровідне включення при різниці температур середовищ, розділених конструкцією в 1 К, і визначається на підставі розрахунків чи результатів випробувань

Для типових конструктивних вузлів значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведено у:

- додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013



## 5.2. Основи розрахунку опору теплопередачі

### 5.2.3. Визначення мінімально допустимого значення опору теплопередачі



Таблиця 2 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції промислових будинків ( $R_{q \min}$ )

Вид огорожувальної конструкції та тепловологісний режим експлуатації будинків	Значення $R_{q \min}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт, для температурної зони	
	I	II
Зовнішні непрозорі стіни будинків: - з сухим і нормальним режимом з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з вологим і мокрим режимом з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м <sup>3</sup> )	1,7 2,2 1,8 2,4 0,55	1,5 2,0 1,6 2,2 0,45
Покриття та перекриття неопалювальних горіщ будинків: - з сухим і нормальним режимом з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з вологим і мокрим режимом з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ - з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м <sup>3</sup> )	1,7 2,2 1,7 1,9 0,55	1,6 2,1 1,6 1,8 0,45
Перекриття над проїздами й неопалювальними підвалами з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$	1,9 2,4	1,8 2,2
Двері й ворота будинків: - з сухим і нормальним режимом - з вологим і мокрим режимом - з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м <sup>3</sup> )	0,6 0,75 0,2	0,55 0,70 0,2
Вікна й Zenitні ліхтарі будинків: - із сухим і нормальним режимом - з вологим і мокрим режимом - з надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м <sup>3</sup> )	0,45 0,5 0,18	0,42 0,45 0,18

Табл. 1. Мінімально допустимі значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель

№ п.п.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт, для температурної зони [після 01.05.2017/ до 01.05.2017]	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0/(5,35)	5,5/(4,9)
3	Горищні покриття та перекриття неопалюваних горіщ	4,95	4,5
4	Перекриття над проїздами і неопалювальними підвалами	3,75	3,3
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
6	Вхідні двері в багатоквартирні житлові і громадські будівлі	0,6/(0,5)	0,5/(0,45)
7	Вхідні двері в малоповерхові будівлі і в квартири, розташовані на перших поверхах багатоквартирних будинків	0,6/(0,65)	0,5/(0,6)

Теплова інерція огорожувальної конструкції  $D$  визначається за формулою  $D = D_1 + D_2 + \dots + D_n$ ,  $D_i = R_i s_i$ , де  $R_i$  – опір теплопередачі  $i$ -го шару, м<sup>2</sup>·К/Вт;  $s_i$  – розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння матеріалу  $i$ -го шару, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу характеризує здатність матеріалу більш чи менш інтенсивно сприймати тепло при коливаннях температури на його поверхні.

## 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

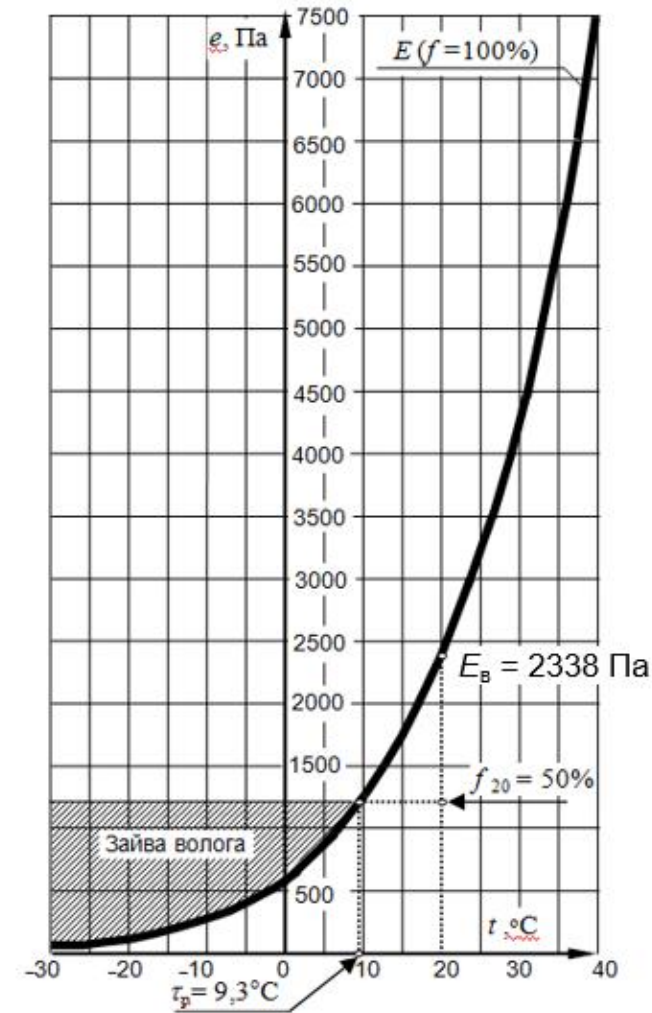
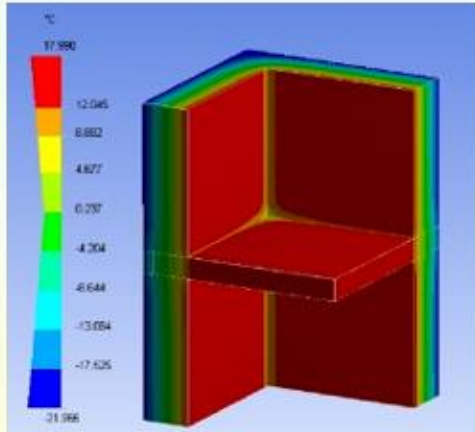
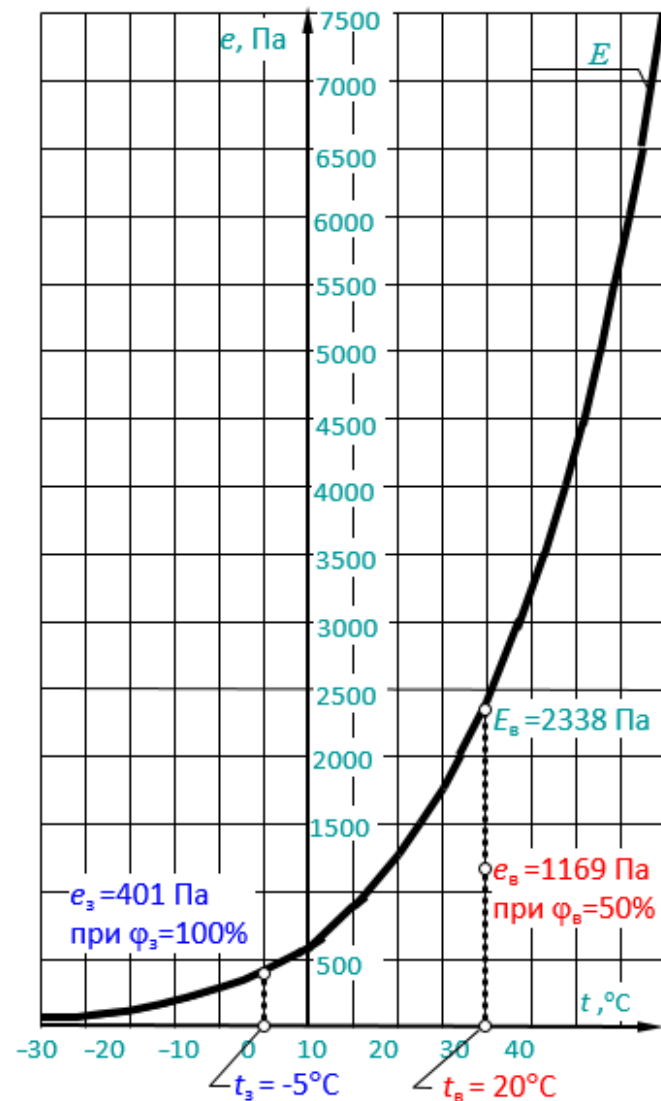


Рис. 1.4. Графік залежності максимального парціального тиску водяної пари у повітрі при нормальному атмосферному тиску



## 5.2. Розрахунок вологісного стану огорожувальних конструкцій

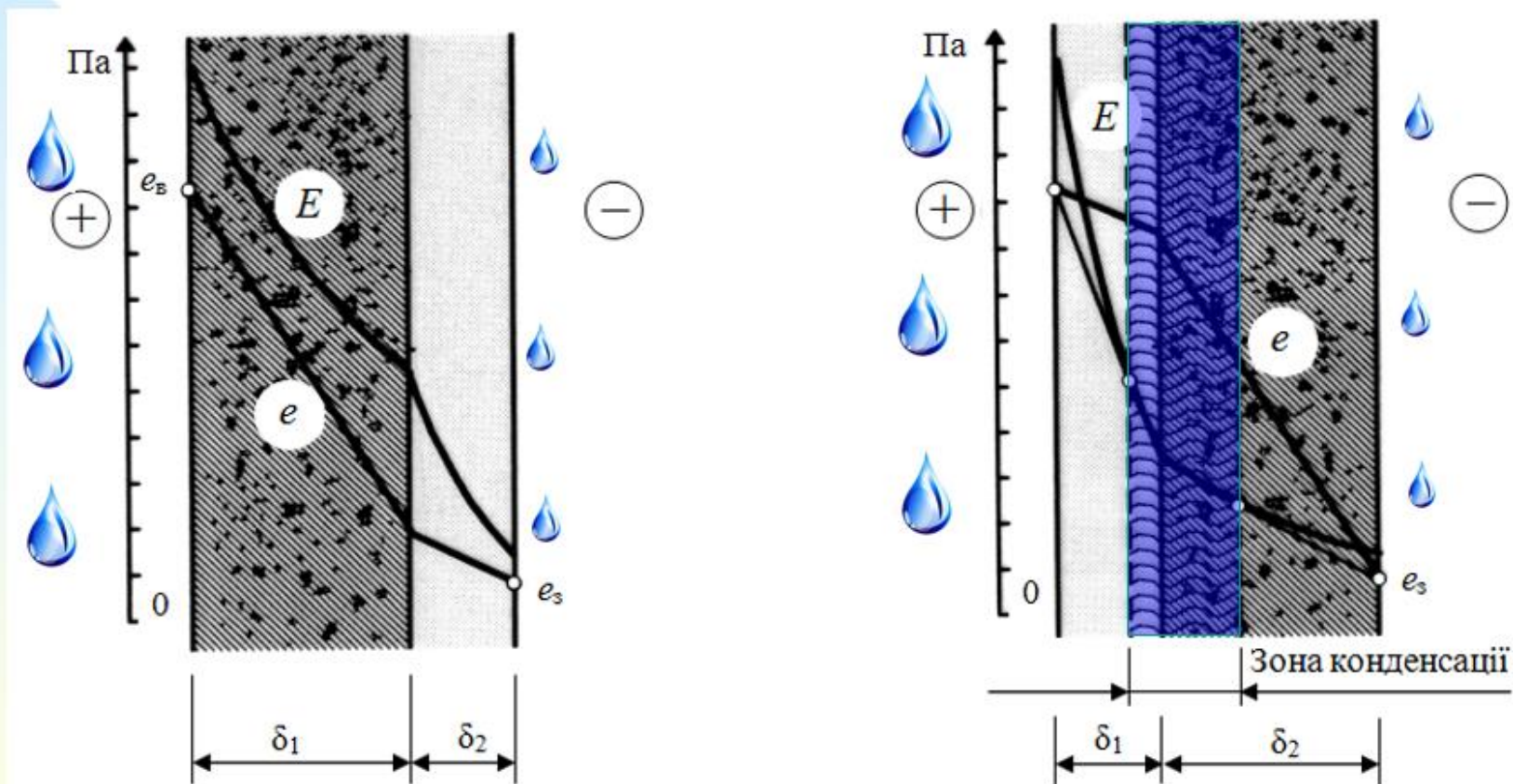
Чому триває перенесення водяної пари у конструкціях?



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

## 5.2. Розрахунок вологісного стану огорожувальних конструкцій

### Принцип розрахунку



## 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»

## 5.3. 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

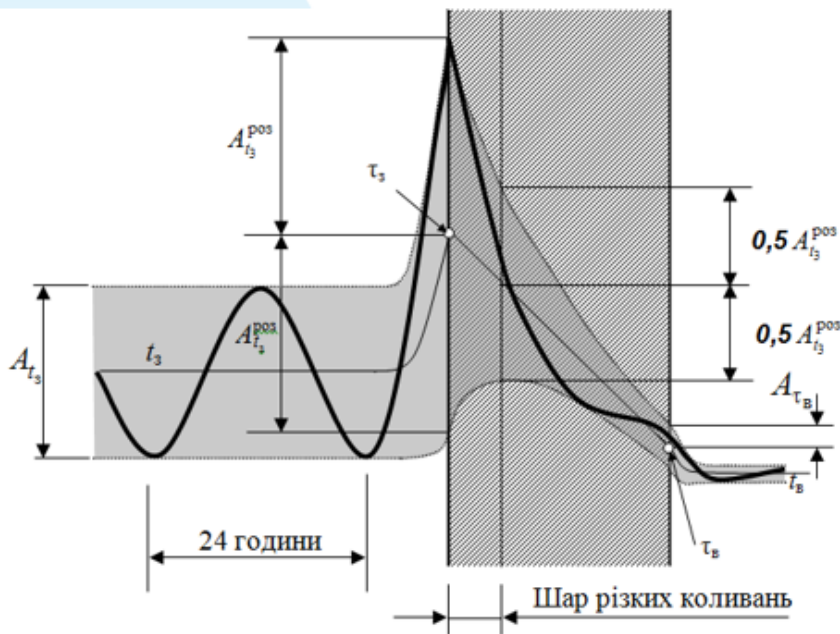


Рис. 9.14. Затухання температурних коливань у зовнішній огорожувальній конструкції у літній період

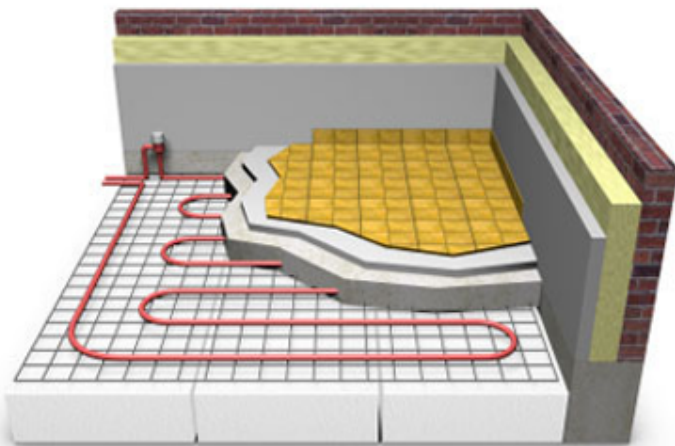
Розрахунок слід робити, якщо середньомісячна температура повітря найбільш жаркого місяця  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  та вище для стін, що мають теплову інерцію менше 4, і для покриттів з тепловою інерцією менше 5.

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.

## 5.3. Розрахунок теплостійкості огорожувальних конструкцій та приміщень

Зимовий період



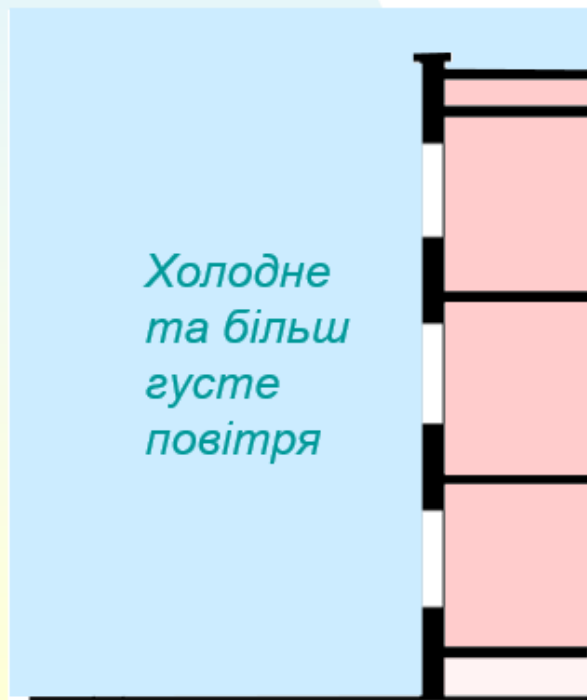
Оцінювання теплостійкості в зимовий період здійснюється за результатами розрахунків амплітуди коливань температури повітря в приміщенні,  $A_{t_B}$ , °С. Оцінювання теплостійкості приміщень у зимовий період у сучасному будівництві має особливе значення при застосуванні опалення приміщень за допомогою 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.

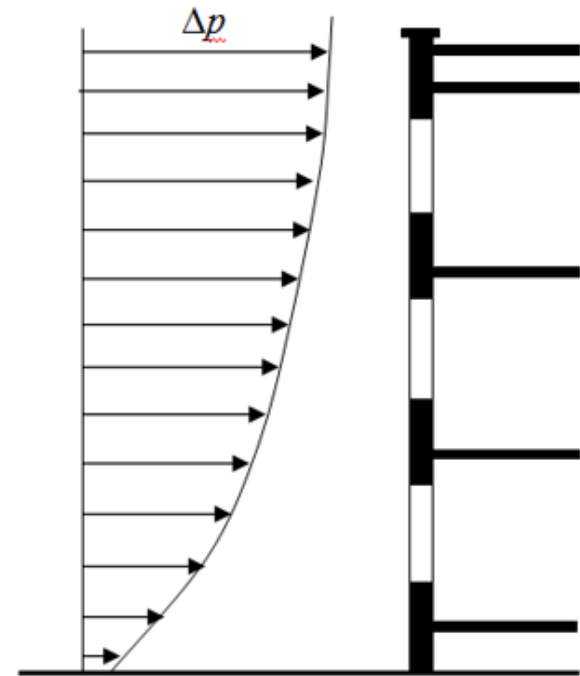
## 5.3. Розрахунок повітропроникності

### *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.



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)





Дякую за увагу