

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ

ТИМОФЄЄВ Микола Васильович

провідний науковий співробітник

Державного підприємства «Науково-
дослідний інститут будівельних конструкцій -
НДІБК»,

м. Київ, вул. Преображенська, 5/2

професор кафедри архітектурних конструкцій
КНУБА

ЛЕКЦІЯ 1

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

БУДІВЕЛЬ. ОСНОВНІ

ПОЛОЖЕННЯ

План

- 1. Європейські директиви та національні стандарти**
- 2. Термін «Енергоефективність»**
- 3. Історичний розвиток енергоефективності**
- 4. Класифікація будівель за станом енергоефективності**
- 5. Методологія проектування енергоефективних будівель**

1.Європейські директиви

Директива 2002/91/ЄС

з енергетичної ефективності будівель

1. Загальні методологічні основи розрахунків
2. Мінімальні вимоги у новому будівництві
3. Мінімальність при реконструкції
4. Енергетична сертифікація будівель
5. Регулярна інспекція

ЗОБО'В'ЯЗАННЯ УКРАЇНИ – ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ДИРЕКТИВ ЄВРОСОЮЗУ

Директива 2010/30/ЄС

Про вказування за допомогою маркування та стандартної інформації про товар, обсяги споживання енергії та інших ресурсів енергоспоживчими продуктами

Директива 2010/31/ЄС

Про енергоефективність будівель (EPBD)

Директива 2006/32/ЄС

Про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги (з 25.10.2012 EED 2012/27/ЄС Про енергоефективність)

НАЦІОНАЛЬНІ СТАНДАРТИ

Визначення енергоефективності

1. ДБН В.2.6-**31**:2016 Теплова ізоляція будівель (ДБН В.2.6-**31**:2006 – початок розрахунків енергоефективності в Україні)
2. ДСТУ Б А.2.2-**8**:2010 Проектування. Розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів (**стосується тільки опалення**)
3. ДСТУ Б EN ISO **13790**:2011 Енергетична ефективність будинків. Розрахунок **енергоспоживання на опалення та охолодження** (EN ISO 13790:2008, IDT)
4. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT)
5. ДСТУ Б EN 15459:2014 Енергетична ефективність будівель. Процедура економічної оцінки енергетичних систем будівель (EN 15459:2007, IDT)
6. ДСТУ Б EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT)
7. ДСТУ Б А.2.2-**12**:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку **енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні**
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-**27**:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. **Будівельна кліматологія**
9. ДБН В.2.5-**67**:2013 **Опалення, вентиляція та кондиціонування**

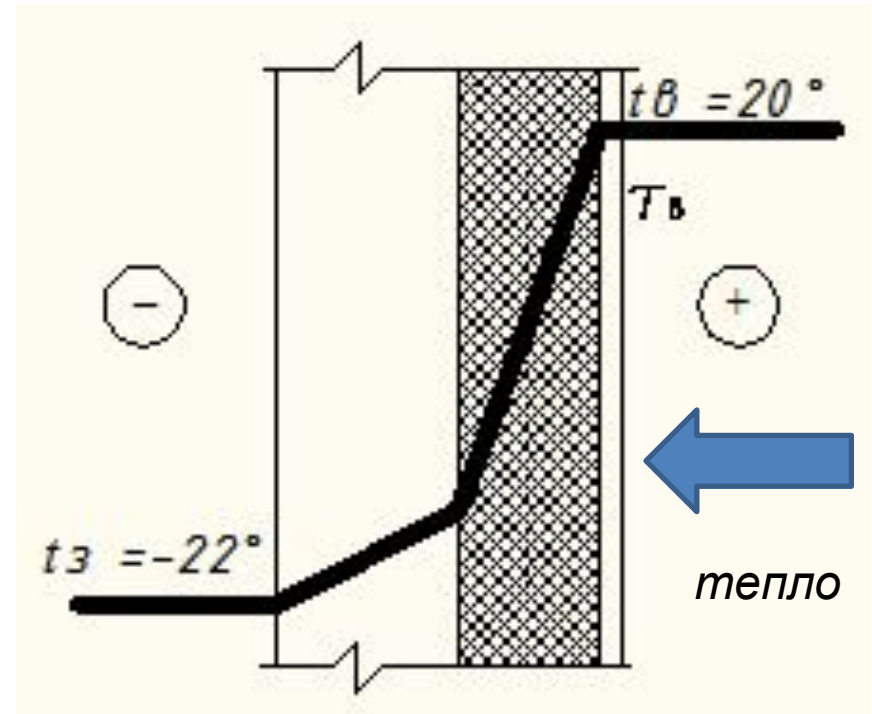
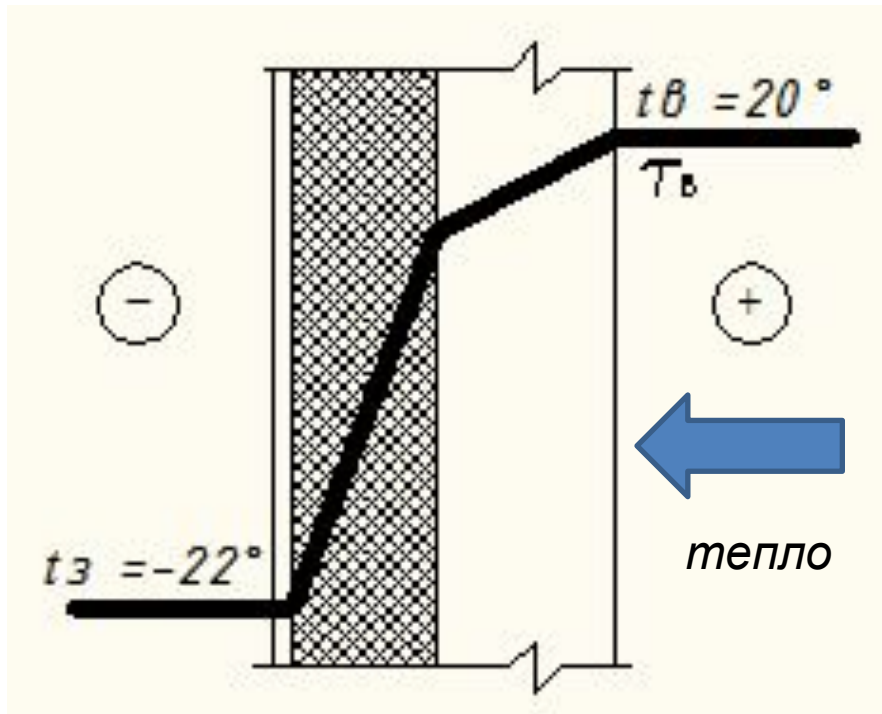
Проектування елементів зовнішньої оболонки будівлі

10. ДБН В.2.6-**14**-97 **Покриття** будинків і споруд
11. ДБН В.2.6-**33**:2006 Конструкції зовнішніх стін з **фасадною теплоізоляцією**. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації
12. ДСТУ Б В.2.6-**34**:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із **фасадною теплоізоляцією**. Класифікація і загальні технічні вимоги
13. ДСТУ Б В.2.6-**35**:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустриальними елементами з **вентильованим повітряним прошарком**. Загальні технічні умови
14. ДСТУ Б В.2.6-**36**:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та **опорядженням штукатурками**. Загальні технічні умови
15. ДСТУ Б В.2.6-**79**:2009 Конструкції будинків і споруд. **Шви з'єднувальні** місць примикань **віконних блоків** до конструкцій стін. Загальні технічні умови
16. ДСТУ-Н Б В.2.6-**146**:2010 Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування й **улаштування вікон та дверей**
17. ДСТУ Б В.2.6-**189**:2013 Методи **вибору теплоізоляційного матеріалу** для утеплення будівель
18. ДСТУ ISO **10211**-1:2005 **Теплопровідні включення** в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків та поверхневих температур. Частина 1. Загальні методи (ISO 10211-1:1995, IDT)
19. ДСТУ-Н Б В.2.6-**190**:2013 Настанова з розрахункової оцінки показників **теплостійкості та теплосасвоєння** огорожувальних конструкцій
20. ДСТУ-Н Б В.2.6-**191**:2013 Настанова з розрахункової оцінки **повітропроникності** огорожувальних конструкцій
21. ДСТУ-Н Б В.2.6-**192**:2013 Настанова з розрахункової оцінки **тепловологісного стану** огорожувальних конструкцій

Варіанти утеплення

ззовні

зсередини



Який спосіб теплотехнічно: 1 – кращій; 2 - чому; 3 – як покращити гірший?

Основне теплотехнічне правило:

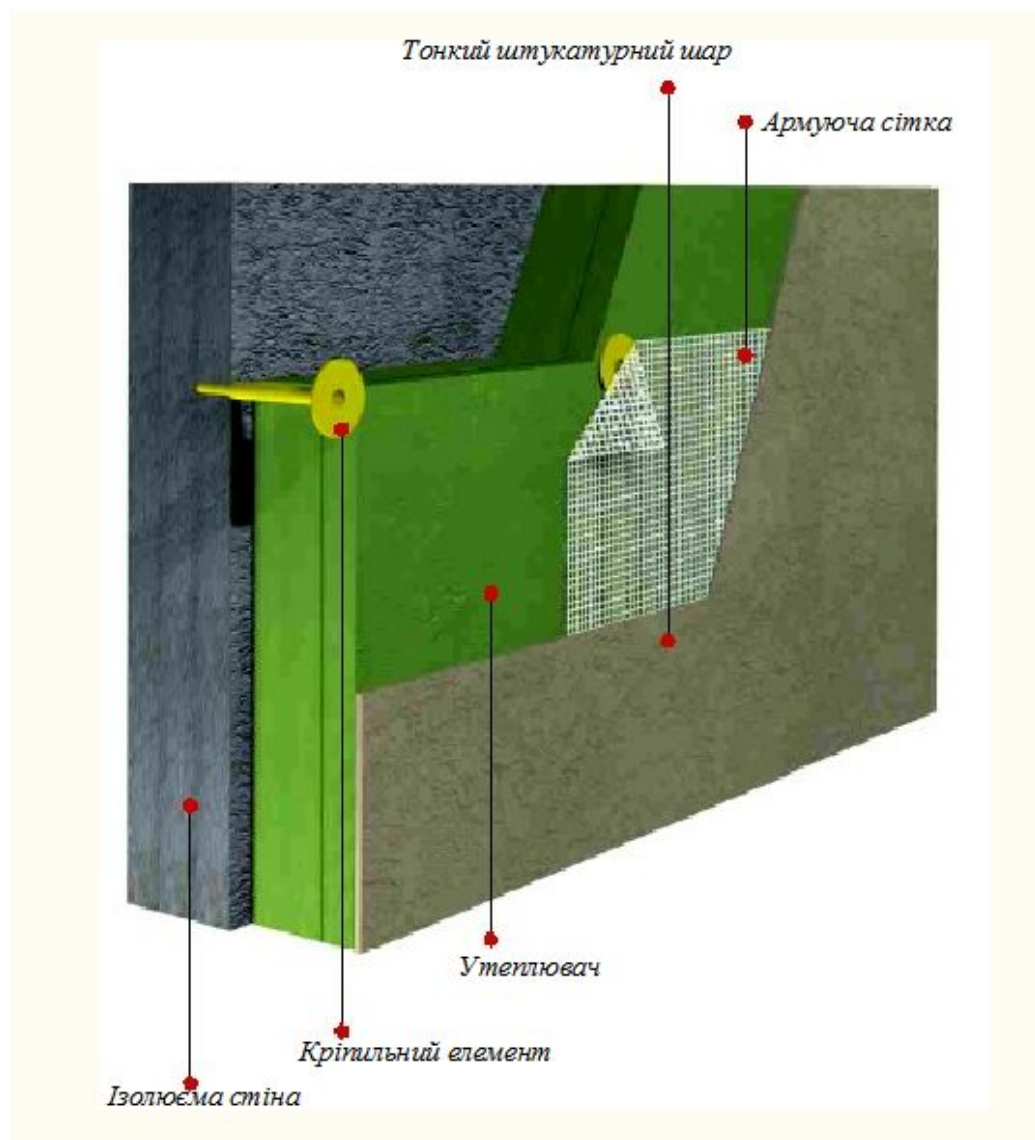
При проектуванні теплоізоляційної оболонки будівлі на основі багатошарових конструкцій необхідно розташовувати з **внутрішньої сторони конструкцій шари** з матеріалів, що мають більш високу теплопровідність, теплоємність та опір паропроникненню

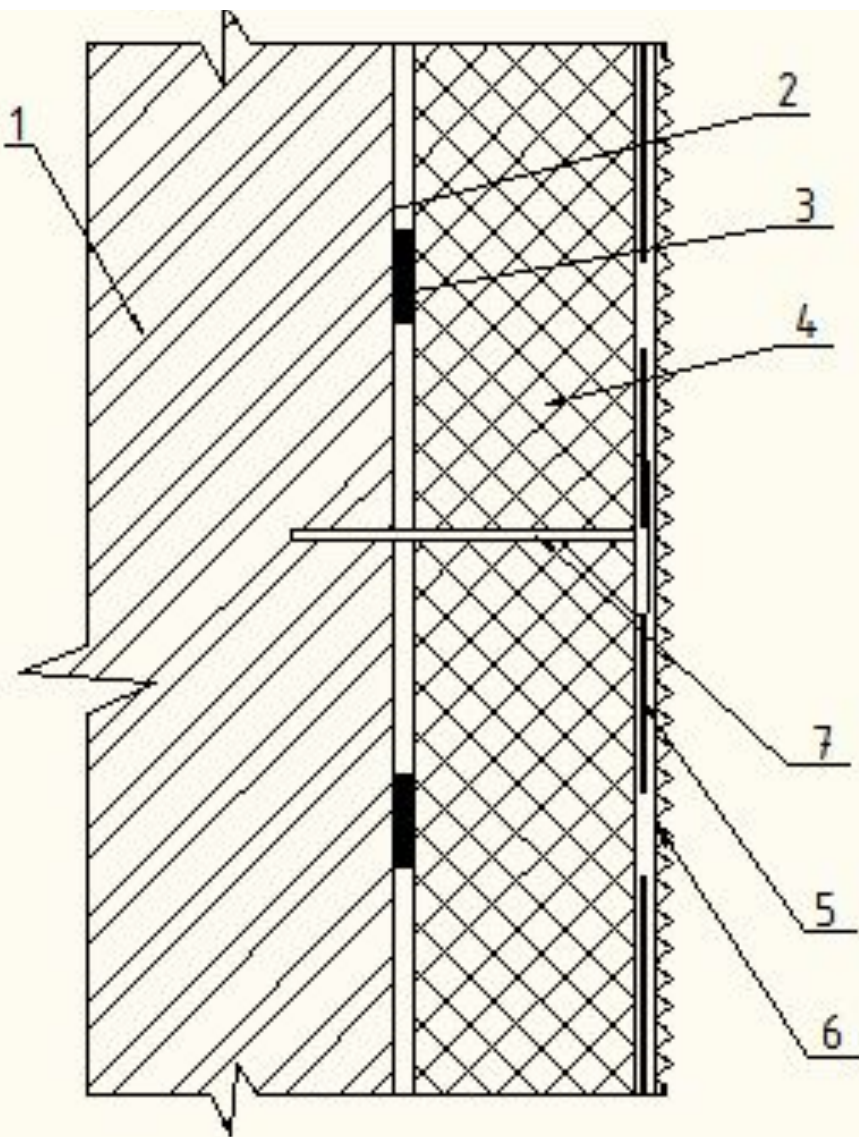
Не рекомендується застосовувати конструктивні рішення з шарами із теплоізоляційних матеріалів з **внутрішньої сторони** конструкції через можливе **надмірне накопичення вологи** в теплоізоляційному шарі, що призводить до незадовільного тепловологісного стану конструкції й приміщення в цілому, а також до **зниження теплової надійності** оболонки будівлі.

КЛАСИ
опорядження фасадів:
«А» «Б» «В» «Г»

КЛАС «А»

Збірна система з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками

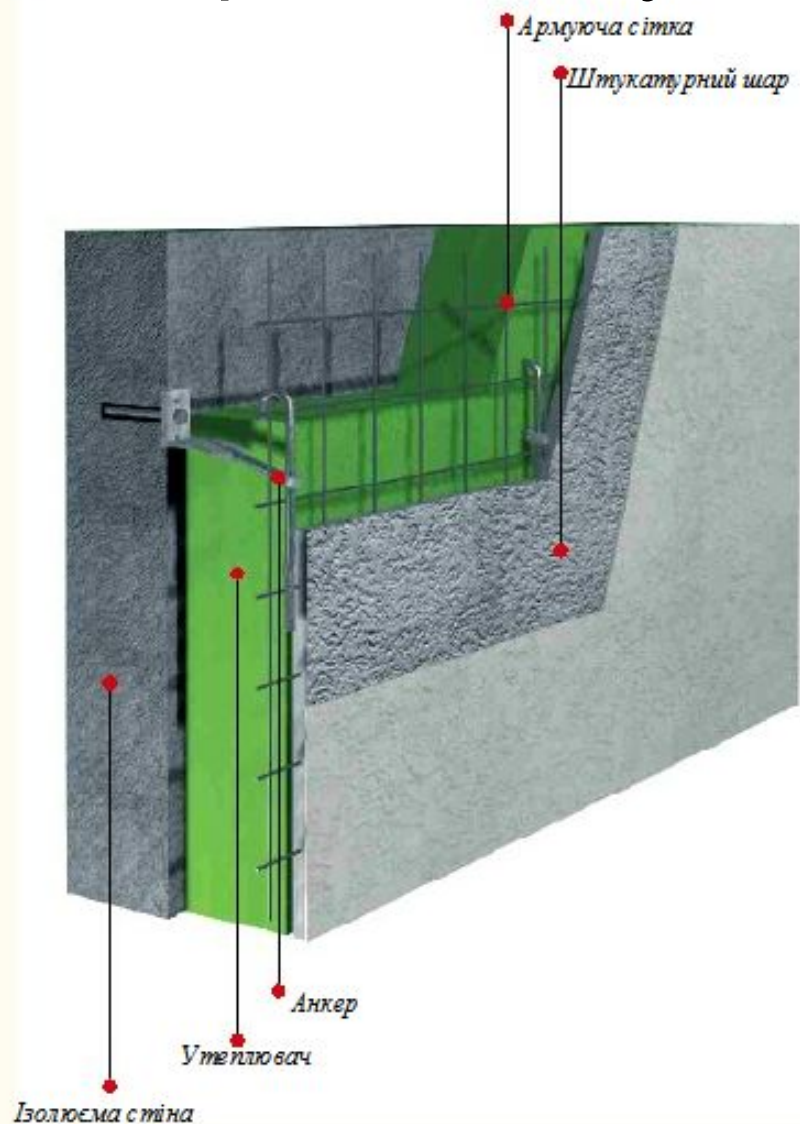


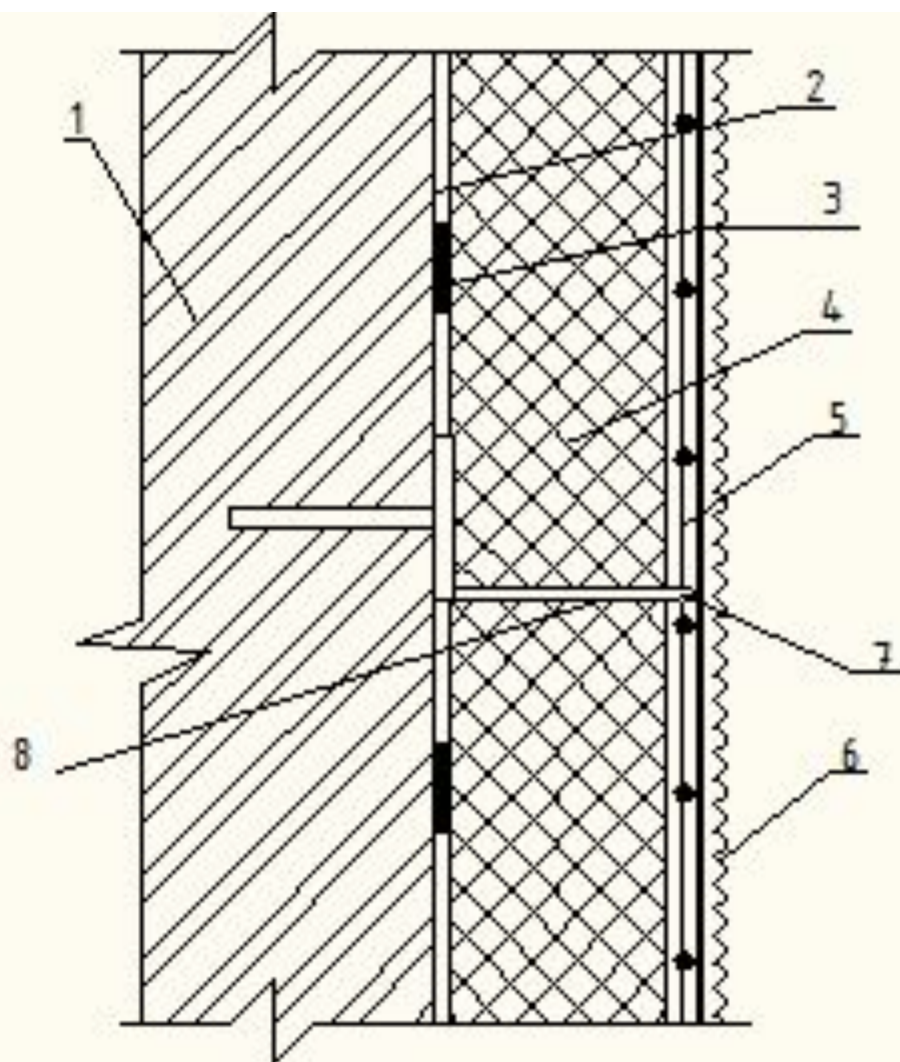


- 1- несущая часть стены;
2- выравнивающий штукатурный шар;
3- клейовый шар;
4- шар теплової ізоляції;
5- захисний шар. армований склосіткою;
6- опоряджувальне покриття;
7- елемент механічного кріплення утеплювача

**Теплотехнічно
використовується 95-99 %
товщини утеплювача**

Схема збірної системи з опорядженням товстошаровими штукатурками



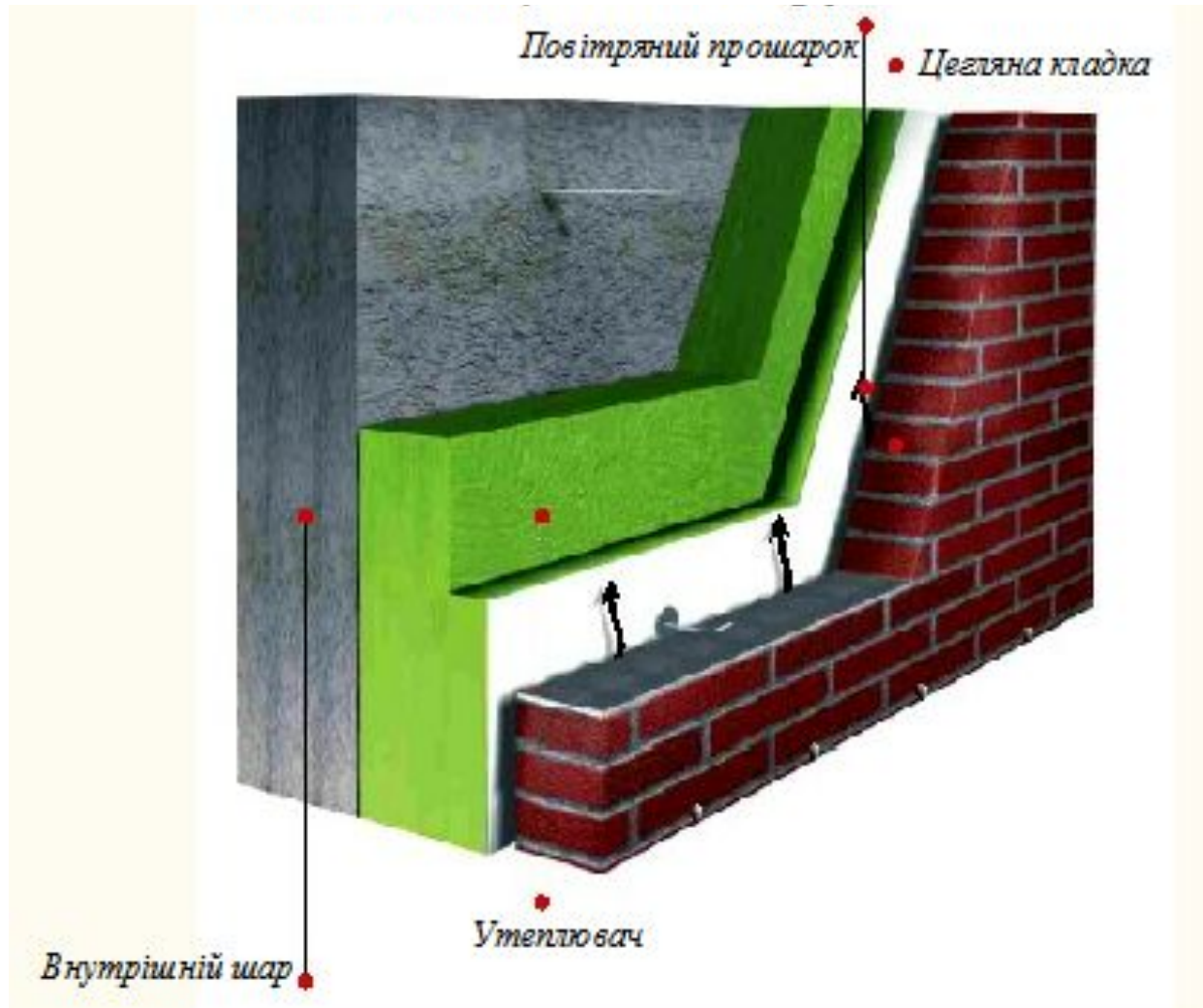


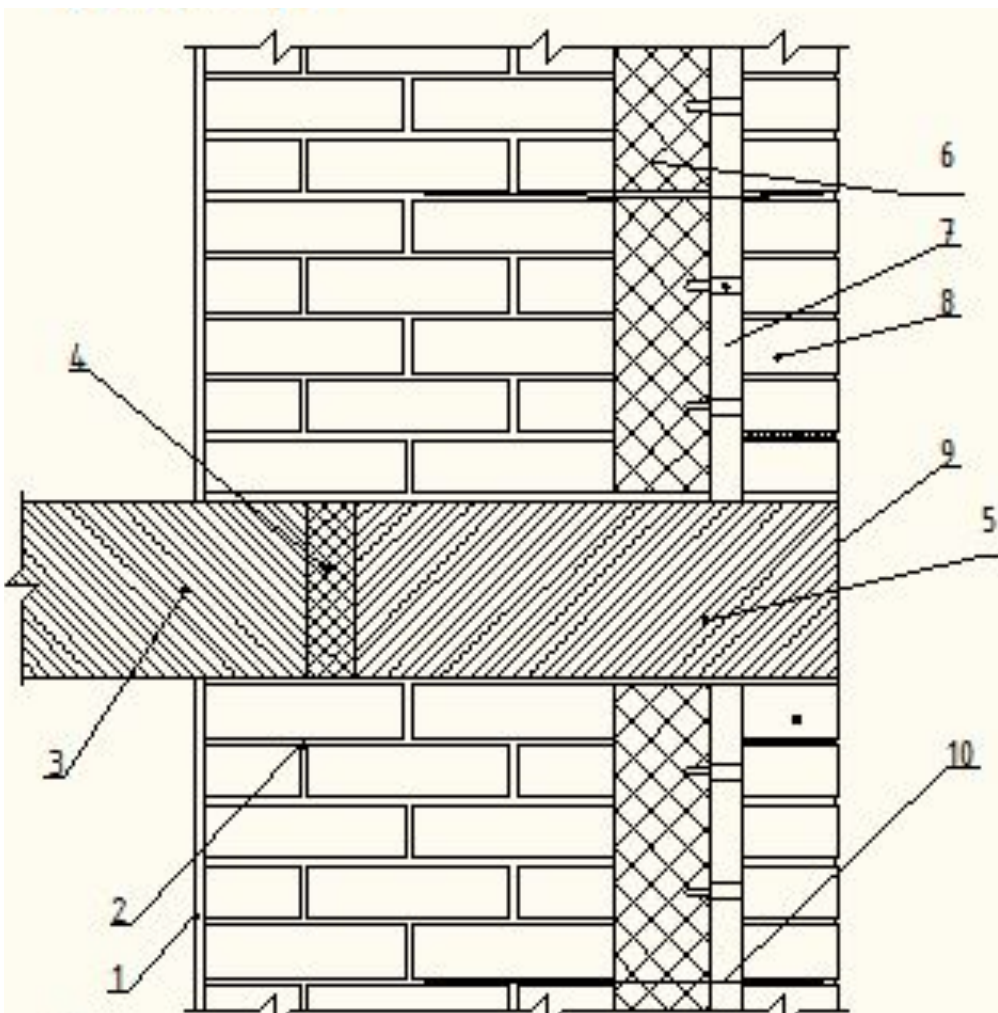
- 1- несуча частина стіни;
- 2- вирівнювальний штукатурний шар;
- 3- клейовий шар;
- 4- шар теплової ізоляції;
- 5- захисний шар, армований металевою сіткою;
- 6- опоряджувальне покриття;
- 7- фіксатор металевої сітки;
- 8- елемент механічного кріплення утеплювача

**Теплотехнічно
використовується 90-97 %
товщини утеплювача**

КЛАС «Б»

Збірна система з опорядженням цеглою





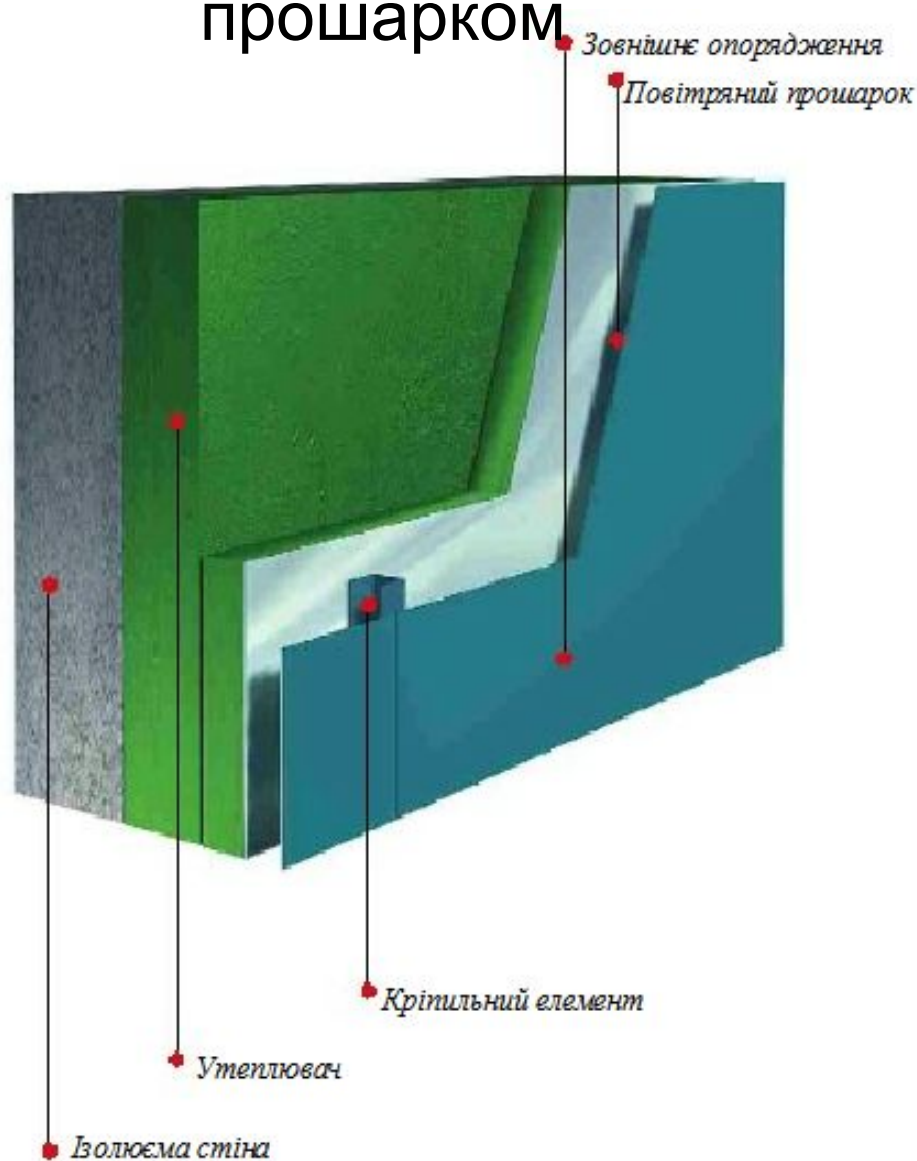
- 1- внутрішня штукатурка;
- 2- несуча частина стіни;
- 3- плита перекриття;
- 4- додатковий теплоізоляційний вкладки;
- 5- залізобетонний консольний пояс через 3-4 поверхи;
- 6- шар теплової ізоляції;
- 7- повітряний вентильований прошарок;
- 8- опоряджувальний шар із цегли або стінових дрібноштучних каменів;
- 9- клінкерна фасадна цегла;
- 10-металевий з"вязок вз фіксатором теплоізоляційного шару

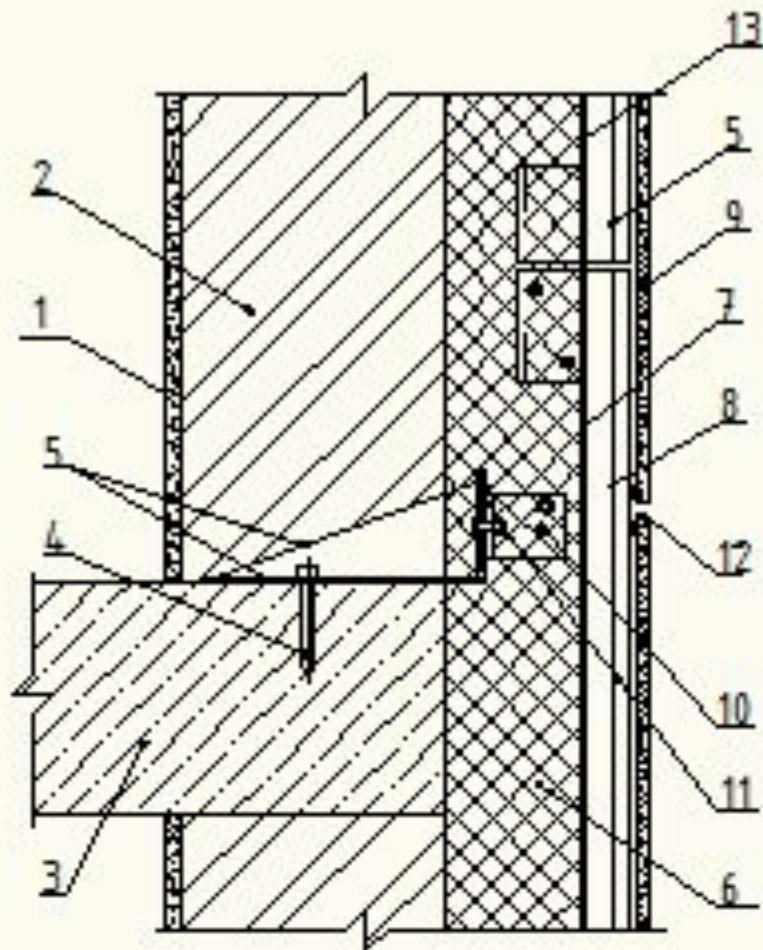
Обов'язкове забезпечення руху повітря в прошарку через спеціальні продухи

Теплотехнічно використовується 70-95 % товщини утеплювача

КЛАС «В»

Збірна система з опорядженням індустріальними елементами та вентиляльованим повітряним прошарком





- 1- внутрішня штукатурка;
- 2- несуча частина стіни;
- 3- залізобетонна плита перекриття;
- 4- анкер клиновий;
- 5- кронштейн;
- 6- шар теплової ізоляції;
- 7- повітрозахисна мембранна плівка;
- 8-повітряний вентиляований прошарок;
- 9-індустріальні личкувальні елементи;
- 10- з'єднувальні елементи;
- 11- прокладка;
- 12- клямер;
- 13- стояк

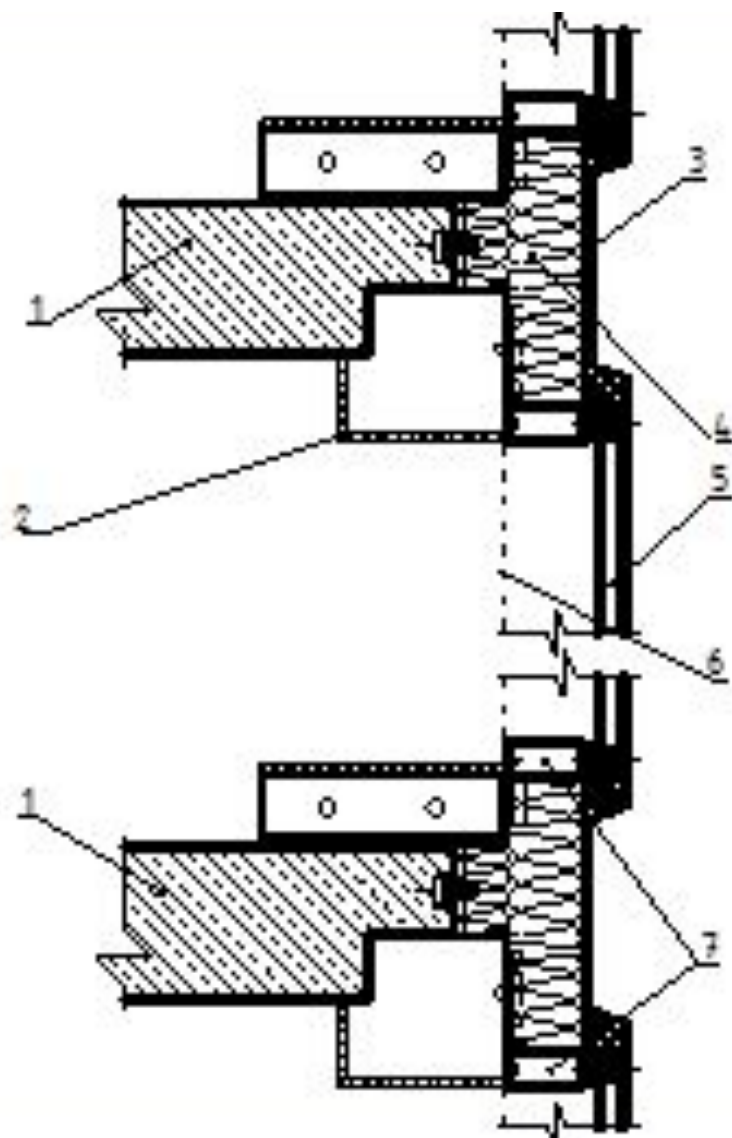
Бракує розрахунків температури, швидкості та вологості повітря в прошарку. Системи проектуються за механічними та протипожежними параметрами

Теплотехнічно використовується 50-90 % товщини утеплювача

КЛАС «Г»

Конструктивно-технологічна схема з суцільним
світлопрозорим фасадом з термоізоляцією
плит перекриттів





- 1- плита перекриття;
- 2- гіпсокартон;
- 3- личкувальний світлопрозорий шар;
- 4- утеплювач;
- 5- склопакети;
- 6- елементи несучого каркасу (стійки);
- 7- ригель

Ефективність системи залежить від співвідношення світлопрозорії та не світлопрозорії частин

Офісна будівля Києва



Стоїчно-ригельна система





Експериментальні дослідження

22. ДСТУ-Н Б А.2.2-**13**:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення **енергетичної оцінки** будівель
23. ДСТУ Б В.2.2-**39**:2016 Будинки і споруди. Методи та етапи проведення **енергетичного аудиту** будівель
24. ДСТУ Б В.2.2-**19**:2007 Будинки і споруди. Метод визначення **повітропроникності** огорожувальних конструкцій в натурних умовах
25. ДСТУ Б В.2.6-**17**-2000 (ГОСТ 26602.1-99) Конструкції будинків і споруд. **Блоки віконні та дверні**. Методи визначення **опору теплопередачі**
26. ДСТУ Б В.2.6-**100**:2010 Конструкції будинків і споруд. Методи визначення **теплостійкості** огорожувальних конструкцій
27. ДСТУ Б В.2.6-**101**:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення **опору теплопередачі** огорожувальних конструкцій
28. ДСТУ Б В.2.7-**182**:2009 Будівельні матеріали. Методи визначення **терміну ефективної експлуатації та теплопровідності** будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах
29. ДСТУ Б В.2.7-**276**:2011 Матеріали полімерні рулонні і плиткові для підлог. Метод визначення показника **теплотозасвоєння** (ГОСТ

Методична література

- 29 Сергейчук О.В. Архитектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огороджуваних конструкцій. Навчальний посібник. – К.: Такі справи, 1999.
30. Тимофєєв М.В., Фаренюк Г.Г. Розрахунки енергоефективності будівель: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2015. – 140 с.
31. Эрнст Т. Пассивный дом. Понятие и основные принципы проектирования пассивного дома // Builder Club, 2011 - Интернет

2. Термін «Енергоефективність» за ДБН В.2.6-31:2016:

Властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу будівлі побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов.

3. Історичний розвиток енергоефективності

Перший експериментальний проект пасивного будинку, реалізований Вольфрангом Файстом в 1991 році в Німеччині



Витрати на опалення складають 12 кВт·год/м², загальні - 33 кВт·год/м²

Commerzbank (1997)

Німеччина
MAIN TOWER – Франкфурт-на-
Майні (2000)



London City Hall (2000, Великобританія)



Pearl River Tower (2010, Китай)



Пасивний будинок архітектора Тетяни ЕРНСТ, Київ



Нижня Апша, Закарпаття – найбагатше село
України, деякі будинки якого в опалювальний
період



4. Класифікація будівель за станом енергоефективності

- Старі будівлі (будівлі, що побудовані до 1970-х років, в Україні до 2007 року) – вимагають для свого функціонування (опалення та охолодження) близько 300 кВт·год/м².
- Нові будівлі (які будувалися в Європі з 1970-х до 2002 року, в Україні до 2016 року) - 150 кВт·год/м².
- Будинки низького споживання енергії (з 2002 року в Європі не дозволено будівництво будинків з великим енергоспоживанням) - 60 кВт·год/м².
- **Пасивний будинок** (прийнятий Закон, згідно з яким з 2019 року в Європі не можна будувати будинки за стандартами нижче, ніж пасивний будинок) - 15 кВт·год/м².
- **Будинок нульової енергії** (будівля, архітектурно має той же стандарт, що і пасивний будинок, але інженерно оснащено так, щоб споживати виключно тільки ту енергію, яку саме і виробляє) - 0 кВт·год/м².
- **Будинок плюс енергії** (будівля, яке за допомогою встановленого на ньому інженерного обладнання: сонячних батарей, колекторів, теплових насосів, рекуператорів і т.п. виробляє більше енергії, ніж сама споживає).

5. Методологія проектування енергоефективних будівель

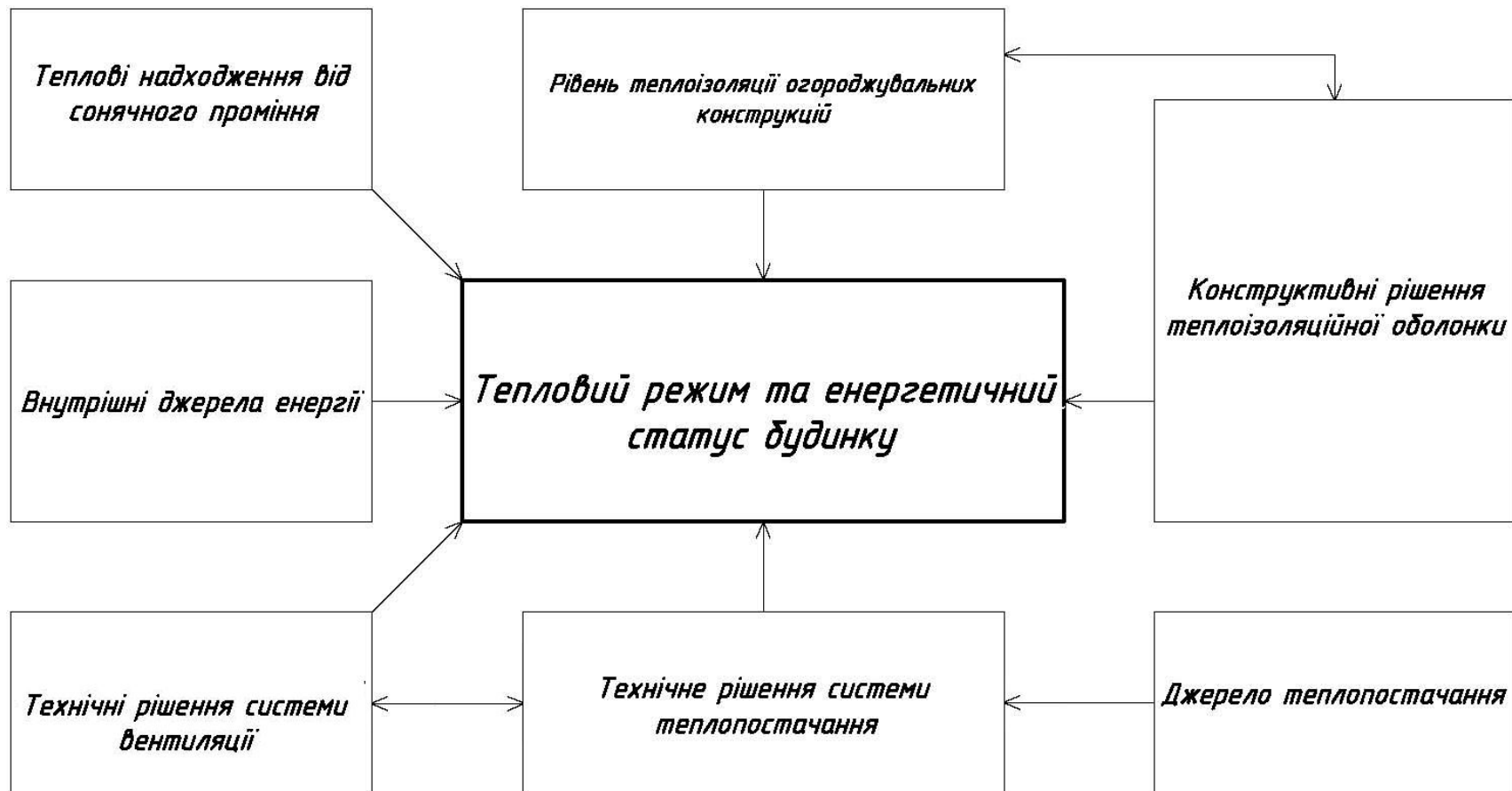
Будинок розглядається як єдина енергетична система, що складається з незалежних підсистем:

- зовнішній клімат, як джерело енергії і як об'єкт, від якого треба захищати (ізолювати) будинок;
- будинок, як комплекс інженерних підсистем, енергетично пов'язаних між собою.

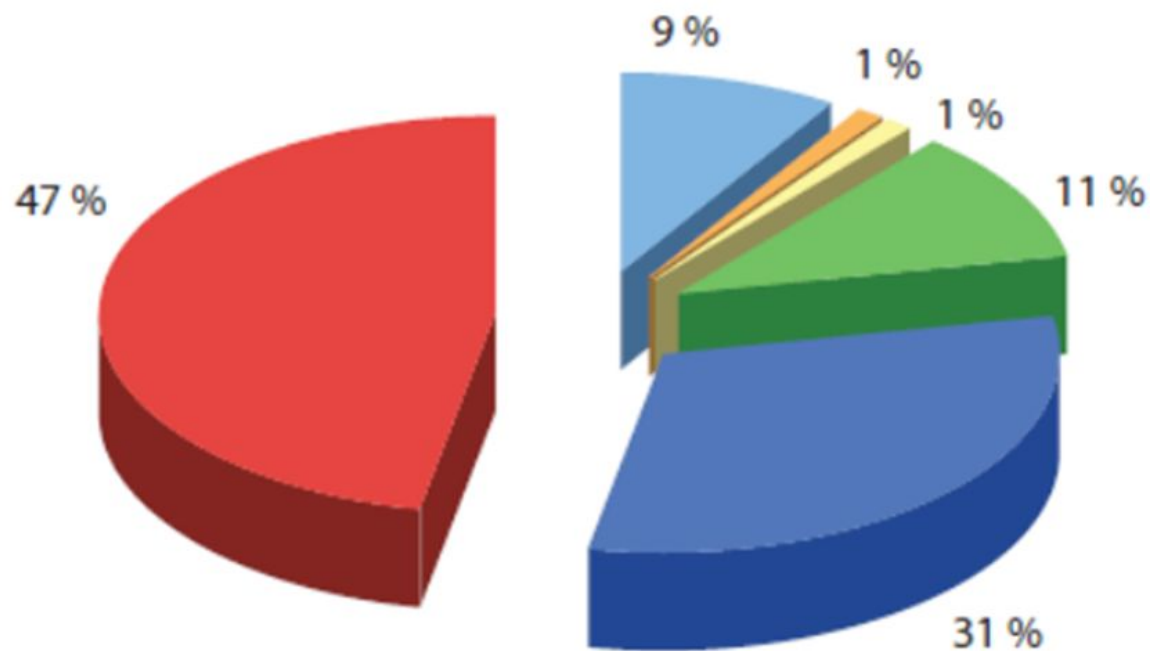
Дослідження операцій включає:

- побудову математичної моделі формування теплового режиму приміщень;
- вибір цільової функції, яка встановлює умови обмеження і формулювання задачі оптимізації;
- рішення поставленої оптимізаційної задачі.

Тепловий режим та енергетичний статус будинку



Структура тепловитрат багатоповерхової будівлі



	- зовнішні стіни		- вікна
	- горище		- інфільтрація
	- половина першого поверху		- гаряче водопостачання

Спосіб визначення енерговитрат

ДСТУ Б EN ISO 13790.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ.

**Розрахунок енергоспоживання при
опаленні та охолодженні (EN ISO
13790:2008, IDT)**

- **Сезонний або місячний метод**
- Спрощений погодинний метод
- Метод деталізованого моделювання

**МЕТОД РОЗРАХУНКУ
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ
ОПАЛЕННІ, ОХОЛОДЖЕННІ,
ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОСВІТЛЕННІ ТА
ГАРЯЧОМУ
ВОДОПОСТАЧАННІ
ДСТУ Б А.2.2-12:2015**

СХЕМА ПОСЛІДОВНОСТІ РОЗРАХУНКУ

- Визначення **границь кондиціонованих та некондиціонованих об'ємів** та розподіл будівлі на розрахункові зони (за необхідності)
- Визначення **вхідних величин** щодо теплоізоляційної оболонки будівлі, умов внутрішнього і зовнішнього середовища, моделі зайнятості (роботи) та **інженерних систем** для кожної зони
- Розрахунок теплопередачі **трансмisiєю та вентиляцією** для кожної зони будівлі та **місяця року**
- Розрахунок **внутрішніх та сонячних теплонадходжень** для кожної зони будівлі та місяця року
- Розрахунок **енергопотреби** для опалення, охолодження, вентиляції та ГВП для кожної зони будівлі та місяця року
- Розрахунок **додаткової енергії**, теплових втрат систем **виділення, розподілення та вироблення** енергії для кожної зони будівлі та місяця року
- Розрахунок **енергоспоживання** при опаленні, охолодженні, вентиляції, ГВП та освітлення для кожної зони будівлі та місяця року
- Підсумовування результатів **енергоспоживання** для всієї будівлі за рік
- Складання звіту для будівлі

ДБН В. 2.6-31:2006

Поелементне
проектування огорожень -

мета



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

$$Q_{\text{рік}} = [Q_k - (Q_{\text{вн п}} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_h$$

$$q_{\text{буд}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{F_h}$$

$$q_{\text{буд}} \leq F_{\max}$$

Визначення
енергоефективності - залишковий
принцип

ДБН В. 2.6-31:2016

РОЗРАХУНКОВЕ ЗНАЧЕННЯ ЕР ВИЗНАЧАЮТЬ ЗА ФОРМУЛОЮ:

$$EP = Q_{H,nd} / F_H \quad \text{або} \quad EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd}) / V_H$$

ЕНЕРГОПОТРЕБА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{C,ls} Q_{H,ng}$$

ЕНЕРГОПОТРЕБА НА ОХОЛОДЖЕННЯ:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht}$$

$$R_{\Sigma np} \geq R_{q \min}$$

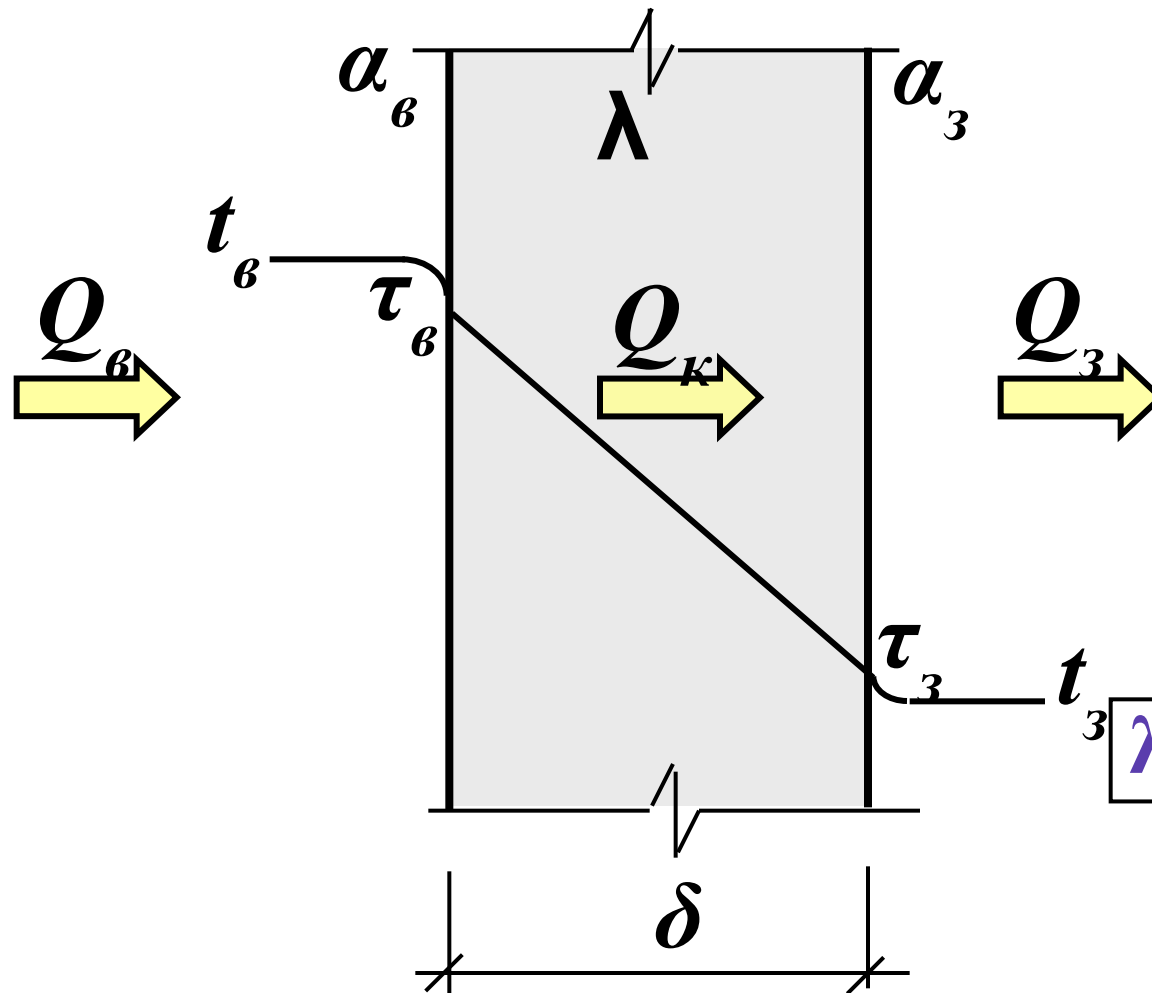
Визначення
енергоефективності -
мета

Поелементне
проектування
огорожень -
функція

ЛЕКЦІЯ 2
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ
РОЗДІЛУ «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ»
ПРИ НОВОМУ БУДІВНИЦТВІ ТА
РЕКОНСТРУКЦІЇ ІСНУЮЧИХ
БУДІВЕЛЬ

Теплопередача через огорождения

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ЧЕРЕЗ ОДНОШАРОВЕ ОГОРОДЖЕННЯ



**t – TEMПЕРАТУРА
ПОВІТРЯ**

t_v – внутрішнього
 t_3 – зовнішнього

**τ – TEMПЕРАТУРА
ПОВЕРХНІ**

τ_v – внутрішньої
 τ_3 – зовнішньої

Q - КІЛЬКІСТЬ ТЕПЛА

λ – ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ

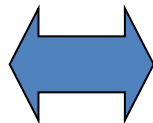
**α – КОЕФІЦІЄНТ
ТЕПЛОВІДДАЧІ**

α_v – у зовнішньої
поверхні

α_3 – у внутрішньої
поверхні

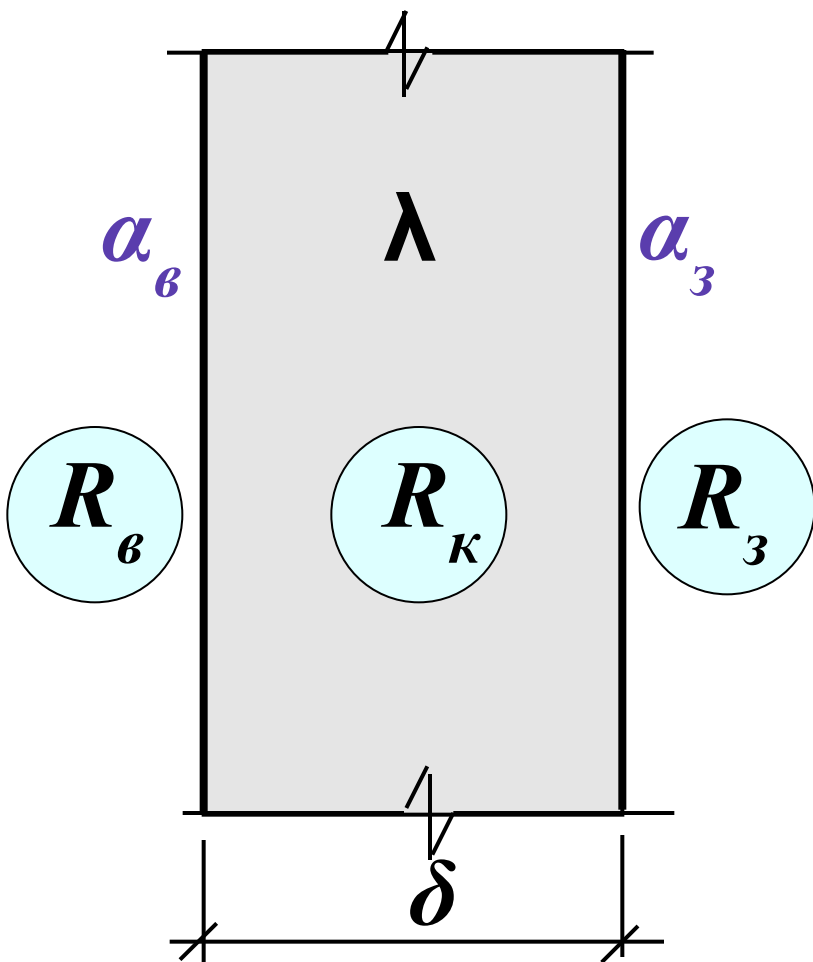
Опір теплопередачі однорідних огороджень

ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ



ЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ
ОПІРАТИСЯ ПРОХОДЖЕННЮ
ЧЕРЕЗ НИХ ТЕПЛОТИ

ОДНОШАРОВА КОНСТРУКЦІЯ



$$R_{\Sigma} = R_B + R_K + R_3$$

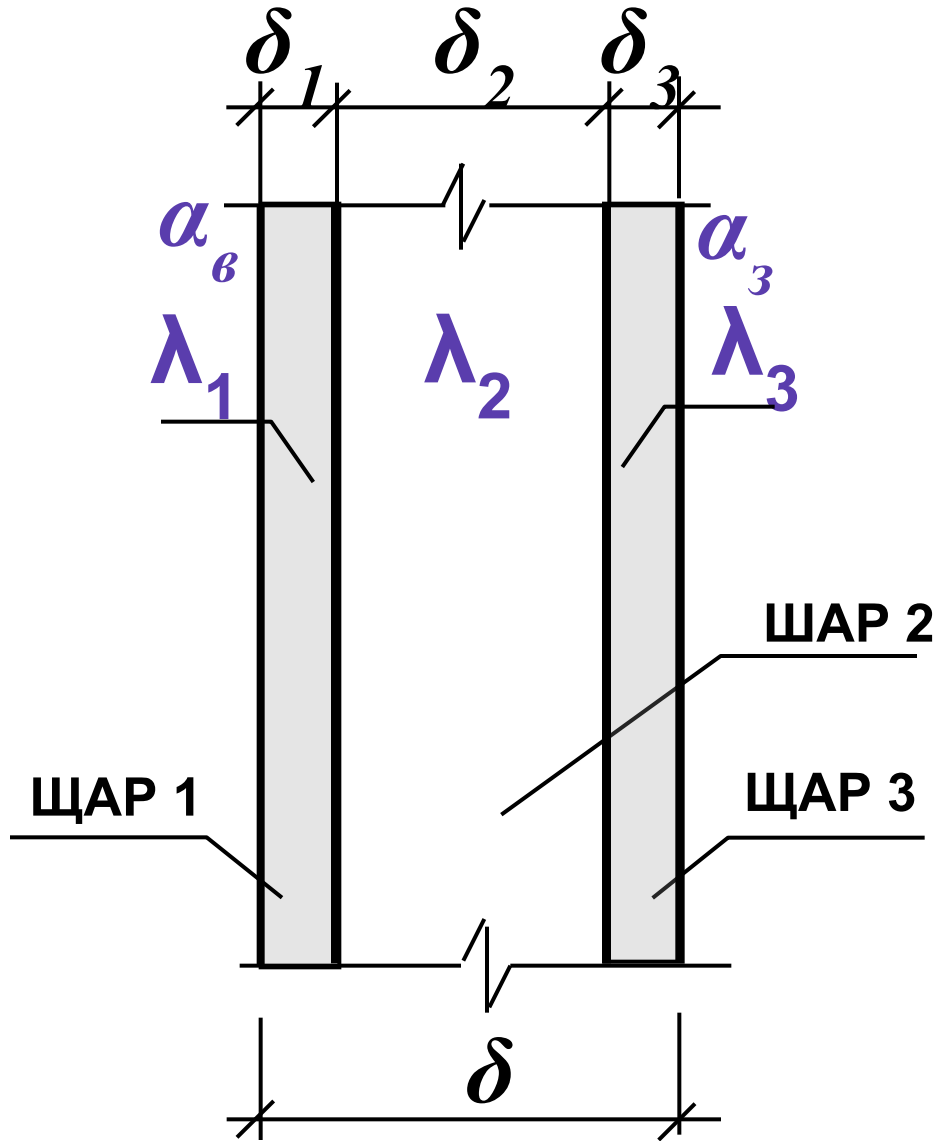
$$R_B = \frac{1}{\alpha_b} \text{ - ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ У ВНУТРІШНІЙ ПОВЕРХНІ}$$

$$R_3 = \frac{1}{\alpha_3} \text{ - ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ У ЗОВНІШНІЙ ПОВЕРХНІ}$$

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} \text{ - ТЕРМІЧНИЙ ОПІР ШАРУ}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3}, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

БАГАТОШАРОВА КОНСТРУКЦІЯ З ОДНОРІДНИХ ШАРІВ



$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_6} + R_K + \frac{1}{\alpha_3}, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

$$R_K = \sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}$$

Додається термічний опір:

- замкнутих повітряних прошарків
- відбивної теплоізоляції

Опір теплопередачі
вентильованих повітряних
прошарків не враховується

ЭНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}$$

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} \geq R_{q_{\min}}$$

Температурні зони України

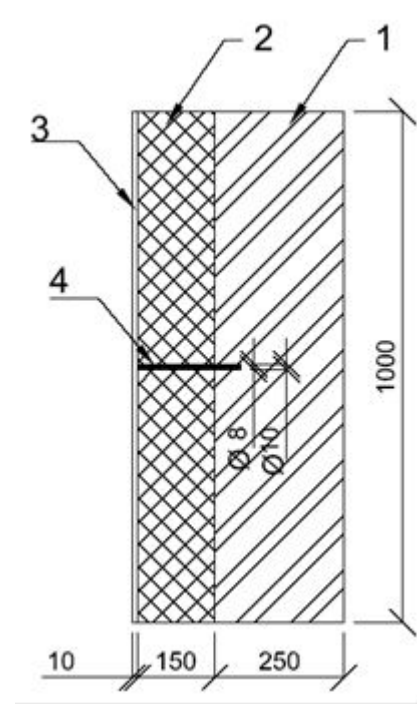
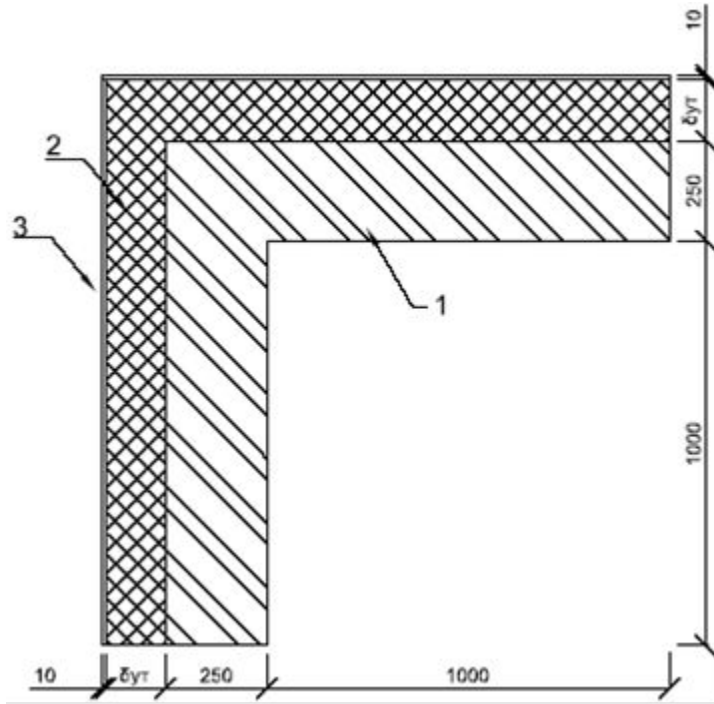


Мінімально допустиме значення опору теплопередачі
огороджувальної конструкції житлових та громадських будівель
($R_{q \min}$)

№ поз.	Вид огороджувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $\text{М}^2 \cdot \text{К/Вт}$, для температурної зони	
		I	II
1	2	3	4
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалювальних горищ	4,7	4,3
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огороджувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

Приведений опір теплопередачі

- ПО ВИЗНАЧЕНИМ ЛІНІЙНИМ ТА ТОЧКОВИМ КОЕФІЦІЄНТАМ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ



Формула приведенного опору теплопередачі

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k}$$

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі основного поля, м²К/Вт

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(мК) на довжині стику L_j

ψ_k – точковий коефіцієнт теплопередачі, Вт/К, кількість кріплень N_k

Лінійний коефіцієнт теплопередачі
(знаходиться згідно з ДСТУ Б В.2.6-189)

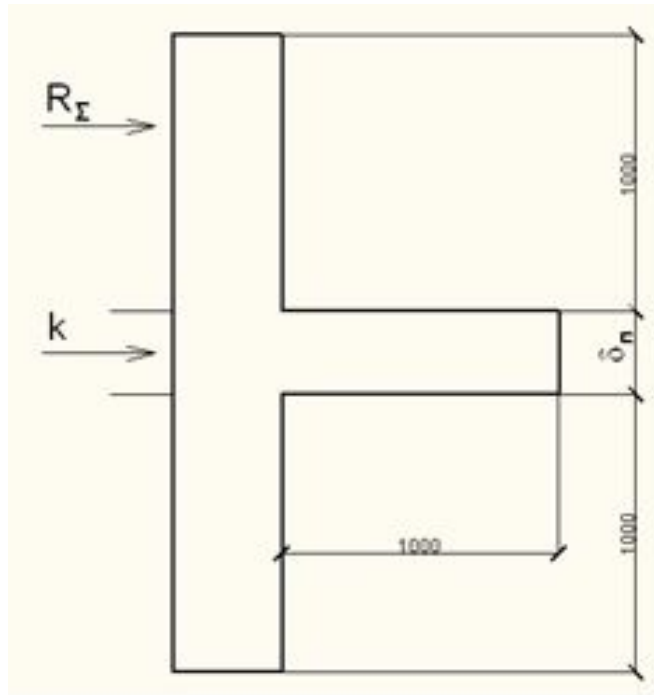
Чисельне моделювання за програмами:

ELCUT, THERM, ANSYS, ABAQUS, NASTRAN, COMSOL, COSMOS

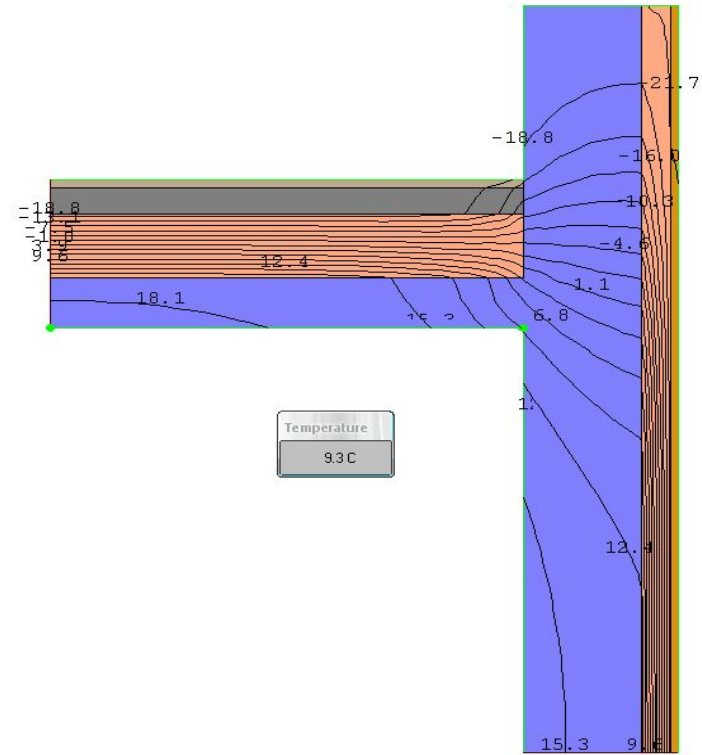
Теплопровідні включення: елементи кріплення, міжповерхові перекриття, відкоси вікон та дверей, ребра жорсткості ...

Результати розрахунку за програмою THERM 7.0

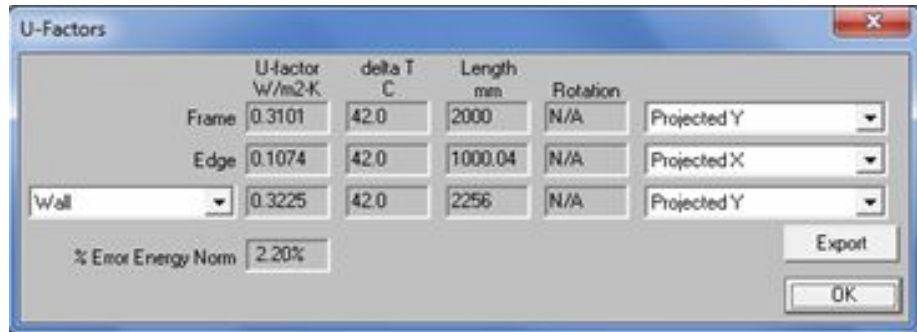
Розрахункова схема



Температурне поле



Розрахунки



Лінійний коефіцієнт:

$$k = 2,256 \cdot 0,3225 - 2 \cdot (1/3,3) \cdot 1 =$$

$$= 0,0886 \text{ Вт/(м·К)}$$

Приведений опір:

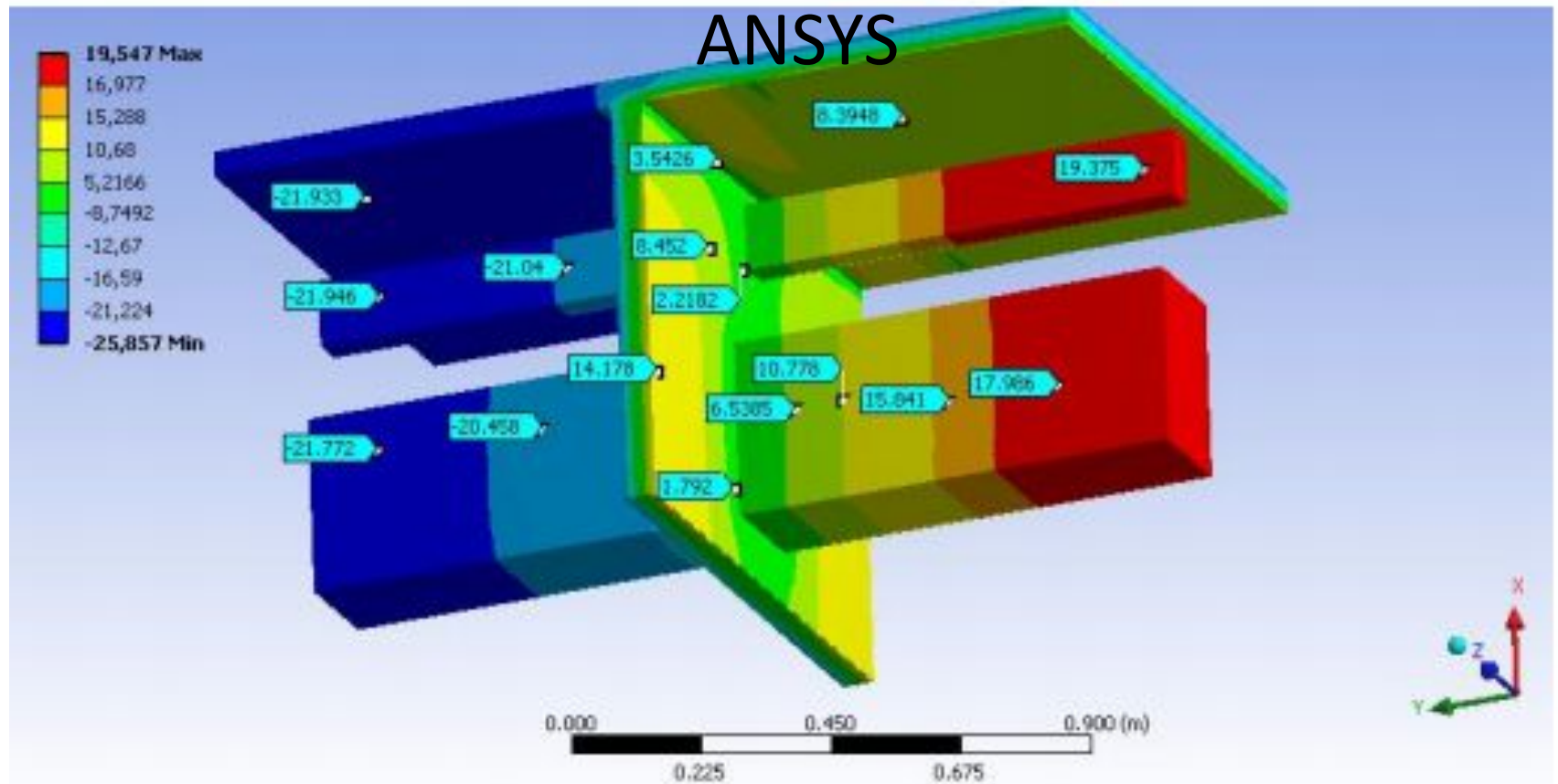
Коефіцієнт термічної
однорідності $r = R_{\Sigma \text{пр}} / R_{\Sigma}$
 $= 3,1/3,3 = 0,93$

Повинен бути не
меншим за 0,7

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{\Sigma i}} F_i + \sum_{j=1}^m k_j L_j}$$

$$R_{\Sigma \text{пр нп}} = (1/U) = 1/(0,3225) = 3,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Результати чисельного 3D моделювання



Санітарно-гігієнічні вимоги

Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і поверхні:

$$\Delta t_{np} = t_v - \tau_{впр}$$

$$\text{Вимога: } \Delta t_{np} \leq \Delta t_{сг}$$

Житлові будинки

$\Delta t_{сг} = 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – стіни; $3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – стеля; $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - підлога

$$\tau_v = t_v - \frac{t_v - t_3}{R_{\Sigma} \cdot \alpha_v}$$

Вимоги надійності

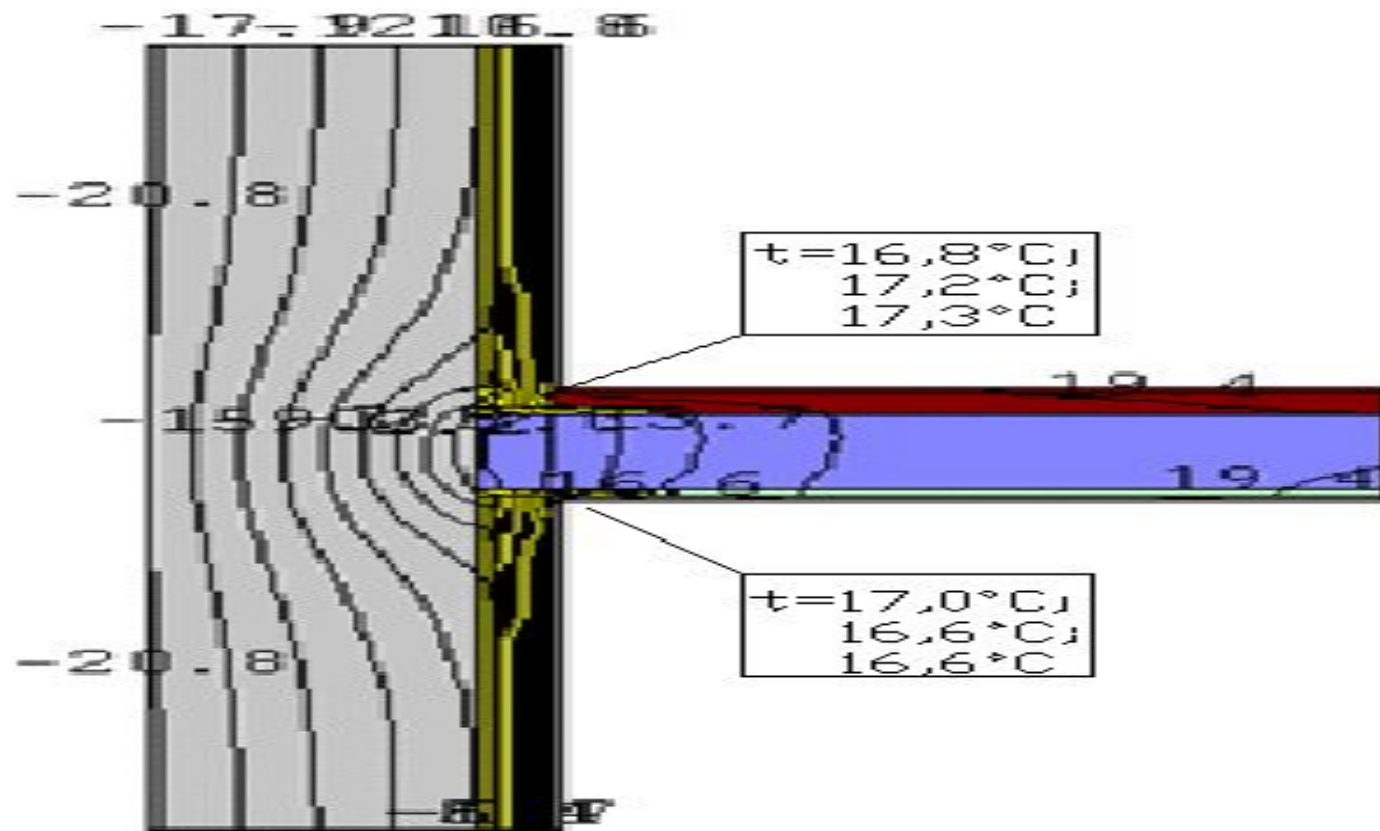
$$T_{В\ min} > t_{min}$$

$t_{min} = T_p$ – температура точки роси для
несвітлопрозорих огорожень

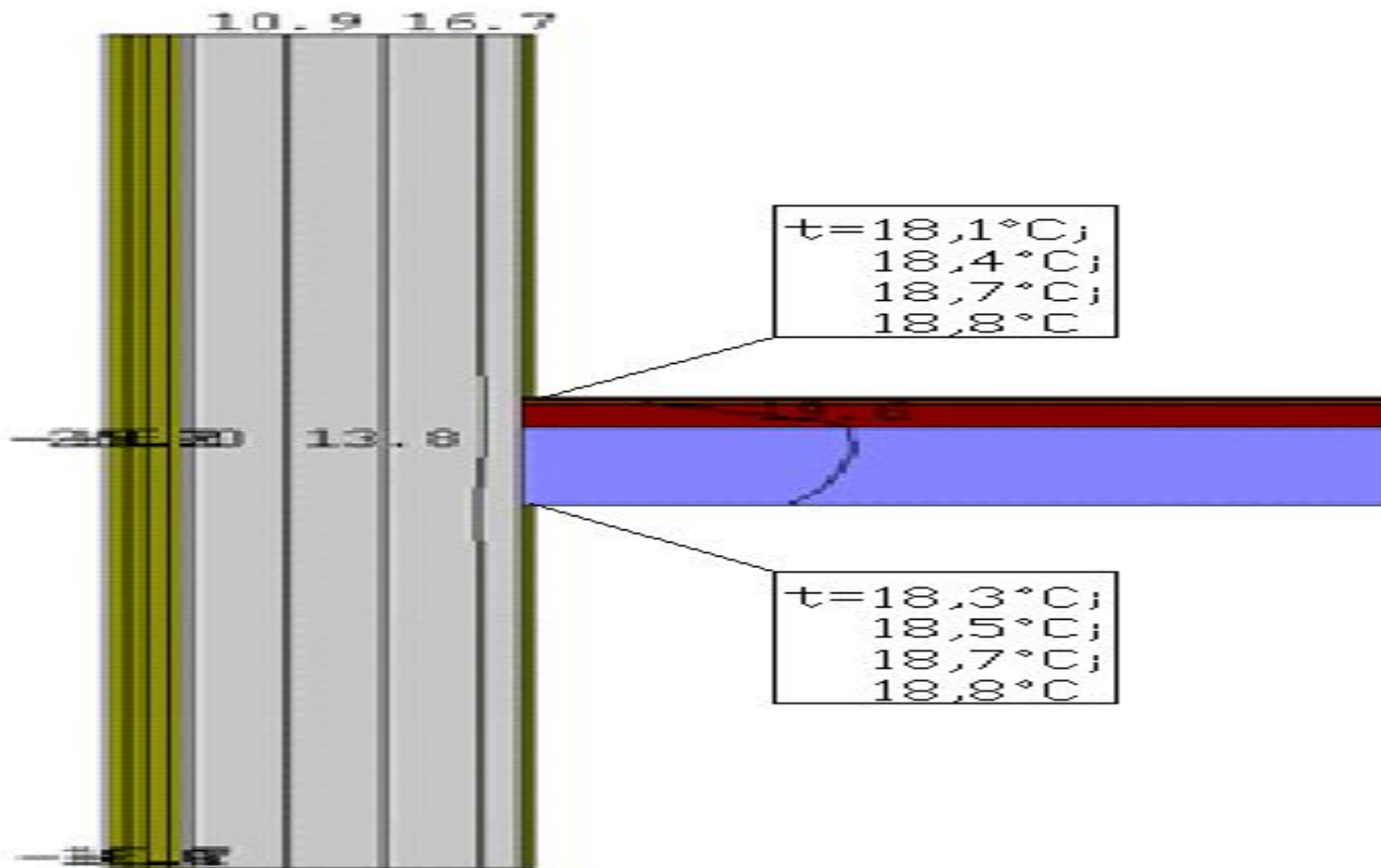
$t_{min} = 6\ ^\circ\text{C}$ – для вікон громадських
будинків

$t_{min} = 0\ ^\circ\text{C}$ – для вікон промислових
будівель

Містки холоду – утеплення зсередини



Утеплення ззовні



- Умови теплостійкості
ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013
- Умови вологісного режиму
ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013
- Умови повітропроникності
ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013

ЛЕКЦІЯ 3

ТЕПЛОВТРАТИ ТА ТЕПЛОНАДХОДЖЕННЯ ДО БУДІВЛІ

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ТРАНСМІСІЄЮ

для опалення щомісячний розрахунок:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t$$

$H_{tr,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С; Житлові будинки - 20 °С

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С; Кліматологія

t – тривалість місяцю, год

Січень - 744 год

Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмisiєю

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

- H_D – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;
- H_g – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;
- H_U – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;
- H_A – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

$$H_x = b_{tx} \sum_i A_i U_i$$

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища

$$H_D = \sum A_i U_i$$

A_i – площа i -го елемента оболонки будівлі, м²;

U_i – приведений коефіцієнт теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, Вт/(м²·К), що становить $U_i = 1/R_{\Sigma pri}$;

$R_{\Sigma pri}$ – приведений опір теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, м²·К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.6-189. Для світлопрозорих елементів приймається за відповідними стандартами

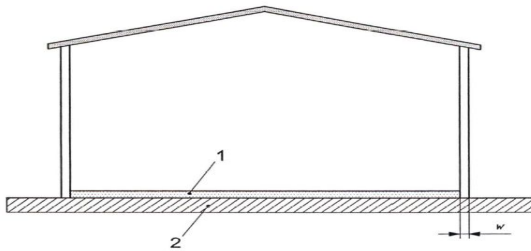
Спрощений метод визначення тепловитрат через оболонку будинку

$$U_{op,corr} = U_{op,mn} + \Delta U_{tb}$$

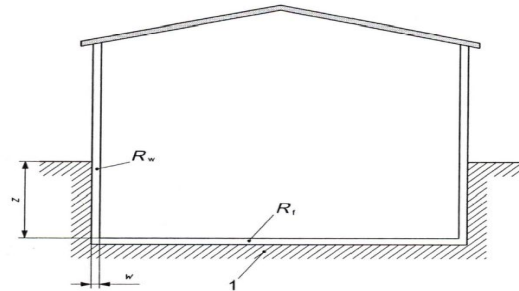
Значення додаткової складової до коефіцієнту теплопередачі, які враховують вплив теплопровідних включень

Середнє значення коефіцієнта теплопередачі непрозорі частин конструкцій, Вт/(м ² ·К)	, Вт/(м ² ·К)
	0,0
	0,075
	0,15

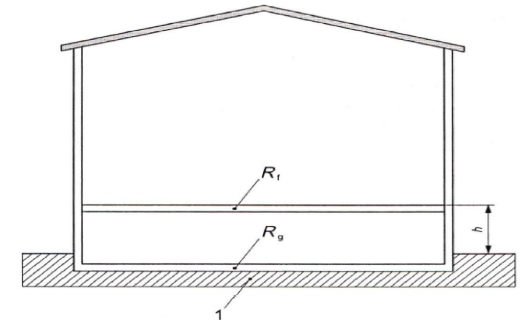
Теплопередача до ґрунту



Підлога по ґрунту



Опалювальний підвал



Техпідпілля

Значення H_g розраховують згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015 додаток Б, та нехтують поправкою на різницю температур (значення $b_{tr,x} = 1$).

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми

(оранжереї, зимові сади, засклені лоджії тощо)

$$H_U = H_{iu} b_U$$

Поправочний коефіцієнт

$$b_U = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_i - \theta_s},$$

θ_u – температура некондиціонованого об'єму

**Коефіцієнт теплопередачі, що враховує
теплопередачу трансмісією між суміжними
будівлями**

при різниці температур більш ніж 4 °C

$$H_A = H_{iA} b_A$$

$$b_A = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e},$$

θ_a – температура внутрішнього повітря суміжної
будівлі, °C

Значення поправочного коефіцієнта $b_{\text{т}}$

Тип некондиціонованого об'єму	$b_{\text{т}}$ для опалювального періоду	$b_{\text{т}}$ для періоду охолодження
Технічне підпілля	0,3	0,3
Технічне (тепле) горище	0,7	0
Холодне горище багатоповерхових будівель	0,9	0
Холодне горище односімейних будівель	1,0	0
Неопалювана сходова клітка всередині будівлі	0,4	0
Неопалюване приміщення з трьома зовнішніми стінами (наприклад, зовнішні сходи)	0,8	0
Неопалюване приміщення з двома зовнішніми стінами та дверима (наприклад, тамбур, хол, гараж)	0,6	0
Неопалюване приміщення з двома зовнішніми стінами без дверей	0,5	0
Неопалюване приміщення з однією зовнішньою стіною	0,4	0
Засклений балкон/лоджія існуючих будівель	0,7	1,0*
Засклений балкон/лоджія для нового проектування	0,85	1,0*
Примітка. * - при відкритих стулках		

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ВЕНТИЛЯЦІЄЮ

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e) t$$

$H_{ve,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі
вентиляцією, Вт/К

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a \left(\sum_k b_{ve,k} q_{ve,k,mn} \right)$$

$\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м³·К);

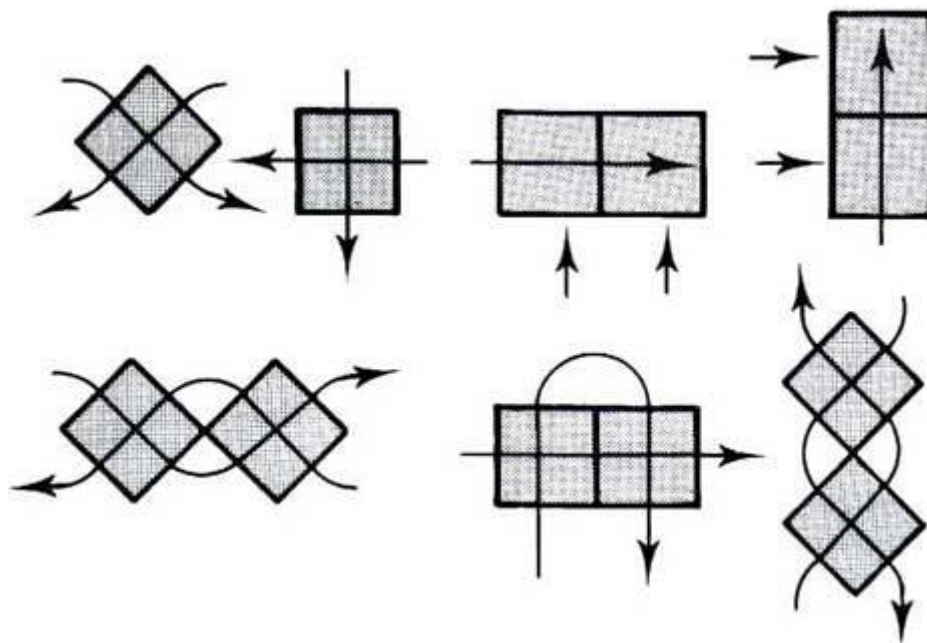
$q_{ve,k,mn}$ – усереднена за часом витрата повітря від k -го елемента, м³/год

$b_{ve,k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k -го елемента повітряного потоку, зі значенням $b_{ve,k} \neq 1$, якщо температура припливного повітря $\theta_{sup,k}$ не дорівнює температурі зовнішнього середовища, як у випадку попереднього нагріву, попереднього охолодження чи утилізації теплоти

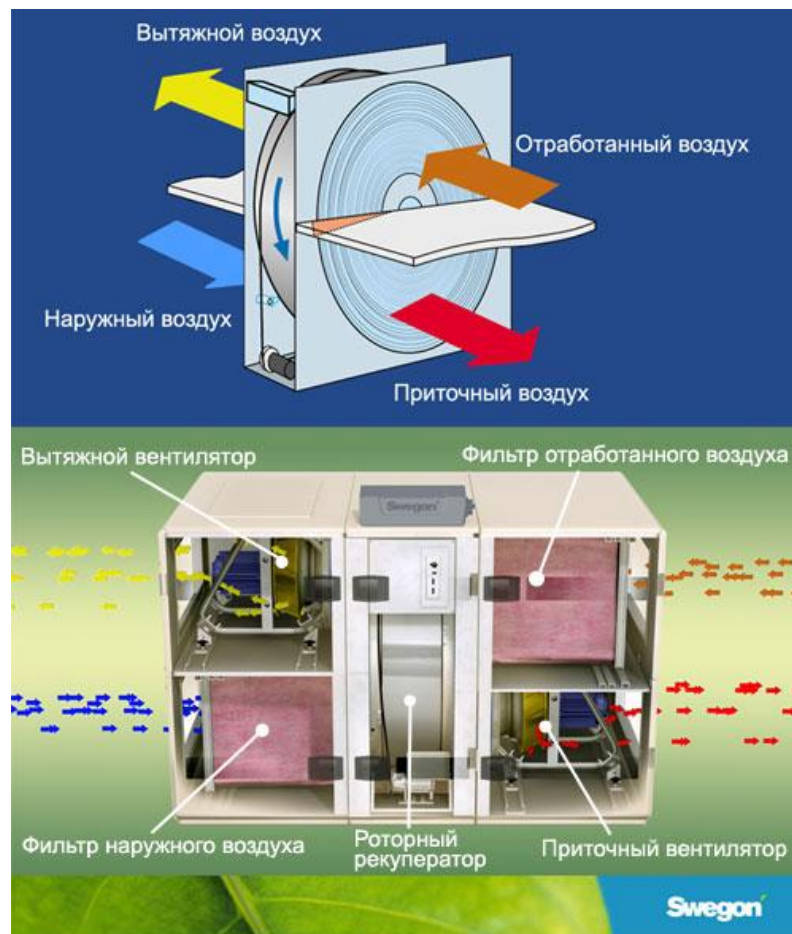
ЗАСТОСУВАННЯ ПРИПЛИВНО- ВИТЯЖНИХ УСТАНОВОК З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ТЕПЛА

ВИДИ РЕКУПЕРАТОРІВ

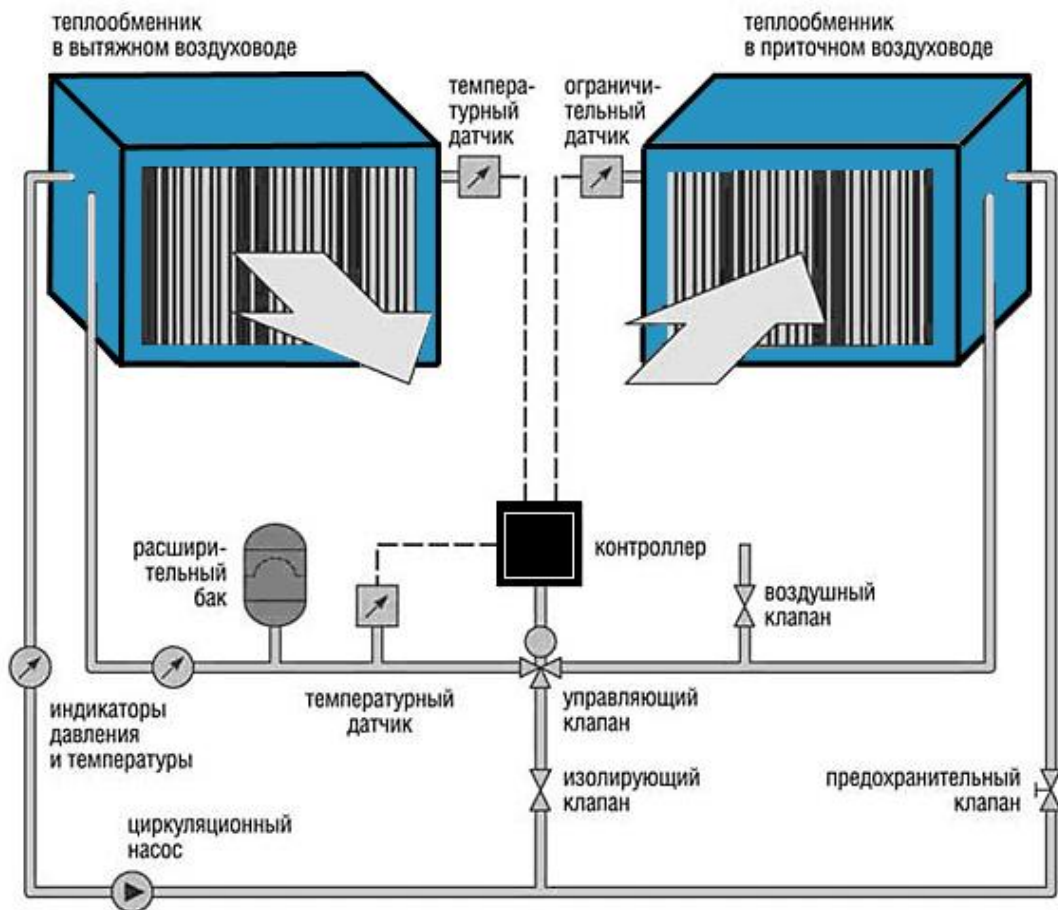
Пластинчатый рекуператор



Роторный рекуператор



Водяний рециркуляційний рекуператор повітря



Даховий рекуператор



Системи рекуперації ЗЕМЛЯ-ПОВІТРЯ



ВНУТРІШНІ ТЕПЛОНАДХОДЖЕННЯ

Внутрішні теплонадходження включають:

- метаболічну теплоту від людей та розсіяну теплоту від обладнання;
- теплоту, розсіяну від освітлювальних приладів;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами гарячої і водопровідної води та каналізації;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами опалення, охолодження та вентиляції;
- теплоту від або до процесів та продукції.

$$Q_{\text{int}} = \left(\sum_k \Phi_{\text{int,mn},k} A_{\text{f}} \right) t$$

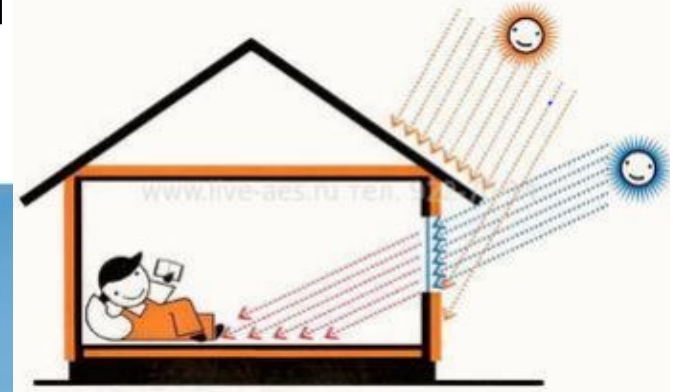
$\Phi_{\text{int,mn},k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го внутрішнього джерела, Вт/м²;

A_{f} – кондиціонована площа зони будівлі, м²

Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання, значення за замовчуванням

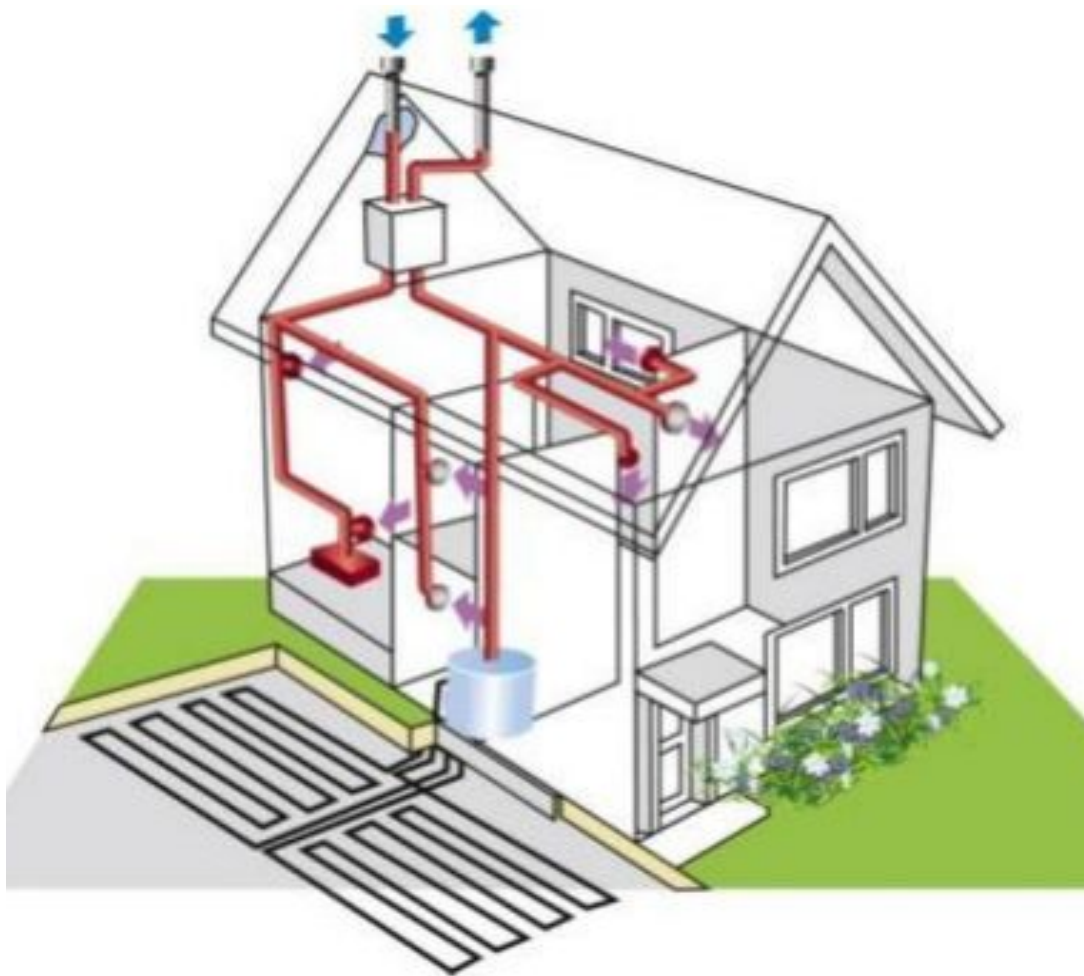
Призначення будівлі	Графік використання, год/тиждень	Метаболічна теплота, $\Phi_{int, Oc}$ Вт/м ²	Освітлення, $\Phi_{int, L}$ Вт/м ²	Обладнання, $\Phi_{int, A}$ Вт/м ²
Одноквартирні будинки	112	1,2	2,0	2,0
Багатоквартирні будинки, гуртожитки	112	1,8	2,0	2,0
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	50	4,0	7,0	6,0
Будівлі учбових закладів	50	7,0	7,0	6,0
Будівлі дитячих дошкільних закладів	50	7,0	7,0	3,0
Будівлі закладів охорони здоров'я	168	2,7	7,0	6,0
Готелі	168	4,0	8,0	2,0
Ресторани	84	5,0	8,0	4,0
Спортивні заклади	84	5,0	8,0	1,0
Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	84	7,0	12,0	2,0
Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних установ	56	5,0	8,0	2,0
Інші види будівель	60	3,0	7,0	2,0

Відновлювальні джерела енергії



Використання
сонячної
енергії

Рекуперація тепла повітря та ґрунтові теплові насоси



СОНЯЧНІ ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ

$$Q_{\text{sol}} = \left(\sum_k \Phi_{\text{sol,mn},k} \right) t$$

СОНЯЧНІ ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ ЧЕРЕЗ ЕЛЕМЕНТИ БУДІВЛІ

$$\Phi_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,ob},k} A_{\text{sol},k} I_{\text{sol},k} - F_{\text{r},k} \Phi_{\text{r},k}$$

Поглинання
сонячної
енергії

Відбиття
сонячної
енергії

$F_{sh,ob,k}$ — понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами;

$A_{sol,k}$ — еквівалентна площа інсоляції поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу;

$I_{sol,k}$ — сонячна радіація за середніх умов хмарності Вт/м²;

$F_{r,k}$ — коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: $F_r = 1$ — для незатіненого горизонтального даху, $F_r = 0,5$ — для незатіненої вертикальної стіни;

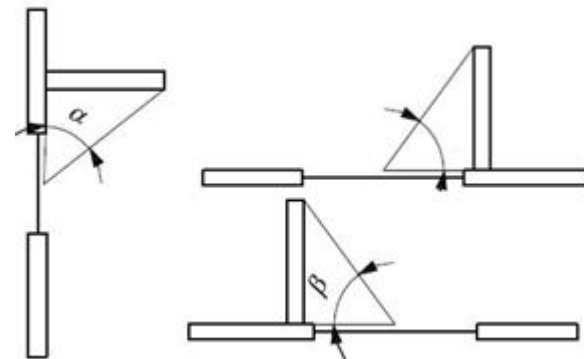
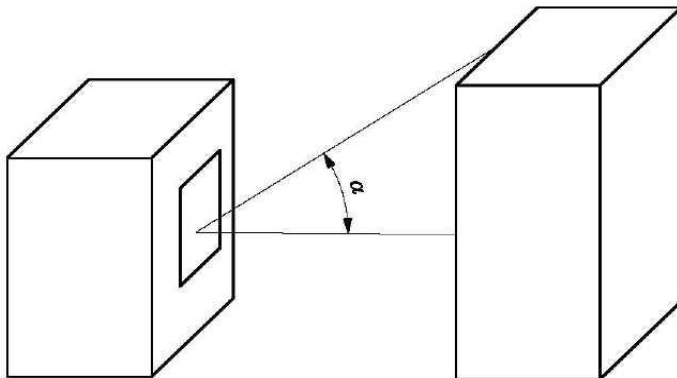
$\Phi_{r,k}$ — додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу.

Врахування умов пропускання сонячної енергії

Типові значення коефіцієнта загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння для поширених типів скління

Тип скління	g_n
Одинарне скління	0,85
Подвійне скління	0,75
Подвійне скління із селективним низько-емісійним покриттям	0,67
Потрійне скління	0,70
Потрійне скління з одним селективними низько-емісійними покриттями	0,58
Потрійне скління з двома селективними низько-емісійними покриттями	0,50
Подвійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,90
Потрійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,83

Умови затінення будинками або екранами



ЛЕКЦІЯ 4

ЕНЕРГОПОТРЕБА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ, ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ГАРЯЧЕГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

СУМАРНА ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}$$

ТА ТЕПЛОВІ НАДХОДЖЕННЯ

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}$$

Співвідношення
надходжень і втрат тепла

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

ДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ

ЯКЩО $\gamma_H > 0$ Та $\gamma_H \neq 1$:	$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}$
ЯКЩО $\gamma_H = 1$:	$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1}$
ЯКЩО : $\gamma_H < 0$ Та $Q_{H,gn} > 0$	$\eta_{H,gn} = 1 / \gamma_H$
ЯКЩО : $\gamma_H \leq 0$ Та $Q_{H,gn} \leq 0$	$\eta_{H,gn} = 1$

Часова константа
будівлі

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{\tau}{15}$$

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}$$

C_m – внутрішня теплоємність будівлі, Вт·год /К;

$H_{tr,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К;

$H_{ve,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К

Внутрішня теплоємність будівлі $C_m = C \cdot A_f$

Національні значення для внутрішньої теплоємності

Клас	C , Вт·год/(м²·К)	Деталізація
Дуже легкий	25	Каркасні будівлі зі стінами полегшеної конструкції – збірно-щитові, каркасно-засипні, каркасно-камишитові, дерев'яні тощо
Легкий	35	Будівлі зі стінами із монолітного шлакобетону, шлакоблоків, блоків з ніздрюватого бетону, черепашнику та інших дрібноштучних виробів із залізобетонними чи дерев'яними перекриттями
Середній	50	Будівлі великопанельні, великоблочні, з цегляними стінами товщиною в одну цеглу, із залізобетонними чи деревними перекриттями
Важкий	80	Капітальні будівлі з цегляними стінами товщиною (1,5-2 цеглини), із залізобетонними перекриттями
Дуже важкий	110	Особливо капітальні будівлі з кам'яними або цегляними стінами (товщиною в 2,5 - 3,5 цеглини), із залізобетонним чи металевим каркасом, із залізобетонним перекриттям

Енергопотреба для опалення

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

Приклад результатів розрахунку енергопотреби для опалення

[illegible]

Енергопотреба для охолодження

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht}$$

Розрахунок за алгоритмом
енергопотреби на опалення

Внутрішня температура приймається
для житлових будинків 26 °C

ЕНЕРГОПОТРЕБА ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

$$Q_{DHW,nd} = Q_i A_f$$

Питомі річні енергопотреби ГВП

Тип будівлі	Q _i , кВт·год/м ²
Одноквартирні будинки	15
Багатоквартирні житлові будівлі, гуртожитки	20
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	10
Будівлі учбових закладів	10
Будівлі дитячих дошкільних закладів	15
Будівлі закладів охорони здоров'я	30
Готелі* (на 10 % більше для кожної зірочки)	25
Ресторани	60
Спортивні заклади	80
Будівлі закладів гуртової та роздрібної торгівлі	10
Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних установ	10
Інші види будівель, товарні склади	1,5

Розрахункове значення EP визначають за формулою:
для житлових будинків

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f,$$

для громадських (нежитлових) будинків

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / V,$$

де $Q_{H,nd}$, $Q_{C,nd}$ та $Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба будівлі для **опалення, охолодження та гарячого водопостачання**, відповідно, кВт·год, що визначається згідно з ДСТУ Б А.2.2-12;

A_f , V – кондиціонована (опалювальна) площа для житлової, m^2 , та кондиціонований об'єм для громадської будівлі (або її частини), m^3 , що визначається згідно з ДСТУ Б EN ISO 13790.

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

Нормативні показники енергопотреби будівель

Загальний показник енергоефективності будівлі EP згідно ДБН В.2.6-31: 2016 повинен визначатися за умовою:

$$EP \leq EP_{\max}, \quad (1)$$

де EP – розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі;

$EP_{\max}$ – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі, кВт·год/м² або кВт·год/м³, що встановлюють згідно з таблицею 1.1, залежно від призначення будівлі, її поверховості та температурної зони експлуатації.

Нормативна максимальна питома енергопотреба для житлових та громадських будівель ($EP_{\max}$)

Ч.ч.	Призначення будівлі	Значення $EP_{\max}$, кВт·год/м ² [кВт·год/м ³], 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	$[20\Lambda_{\text{bci}} + 31]$	$[19,4\Lambda_{\text{bci}} + 33]$
	від 4 до 9	[38]	[40]
	від 10 до 24	[37]	[39]
	25 і більше	[34]	[36]
3	Підприємства торгівлі	$[28 \Lambda_{\text{bci}} + 17]$	$[32 \Lambda_{\text{bci}} + 18]$
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: Λ_{bci} – коефіцієнт компактності будівлі, м ⁻¹ , знаходиться згідно з п. А.8.			

Розрахунковий показник компактності будинку Λ_{bci} , визначається за формулою

$$\Lambda_{bci} = A_{\Sigma} / V,$$

де A_{Σ} – загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій, включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху і перекриття (підлоги) нижнього опалювального приміщення, м²;

V – кондиціонований (опалюваний) об'єм будівлі, рівний об'єму, обмеженому внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних

Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребою		Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотребы, EP , від максимально допустимого значення, EP_{max} , $[(EP - EP_{max})/EP_{max}] \cdot 100\%$
	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

Особливості проектування зовнішньої оболонки

При виконанні умови з енергоефективності (клас не нижче С) допускається застосовувати окремі конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки із зниженими значеннями опору теплопередачі до рівня **75 %** від R_{qmin} для непрозорих частин зовнішніх стін і до рівня **80 %** від R_{qmin} для інших огорожувальних конструкцій при обов'язковому виконанні санітарно-технічних умов.

ЛЕКЦІЯ 5

ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ

Енергетичні витрати

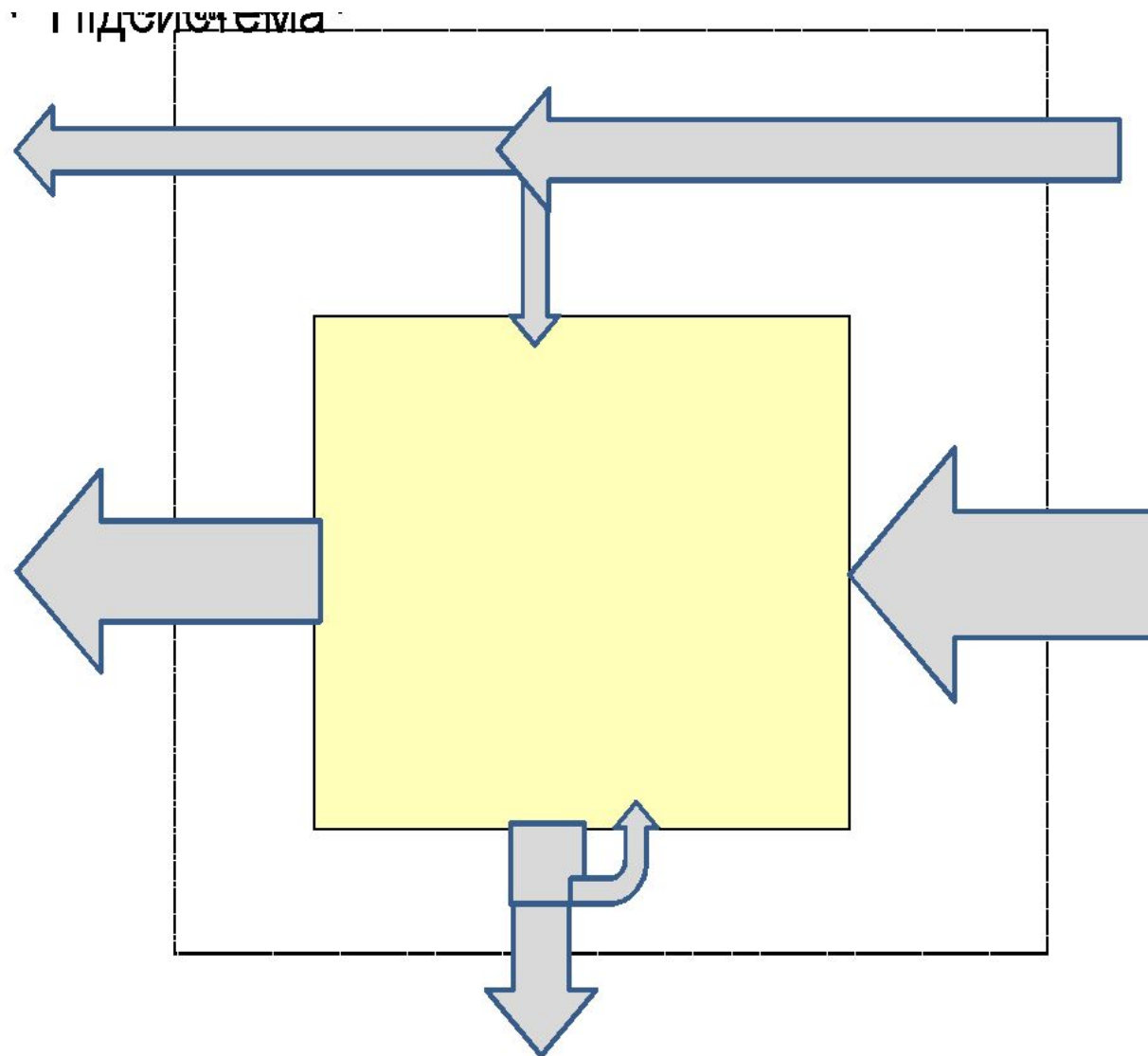
Енергопотреба для опалення, охолодження та гарячого водопостачання будівлі за явною теплотою розраховують за енергетичним балансом будівлі. Ці енергопотреби є вхідними даними для енергетичного балансу систем опалення, охолодження та вентиляції.

Енергоспоживання визначається як енергопотреби плюс регулярні неутилізовані тепловтрати систем та додаткова енергія.

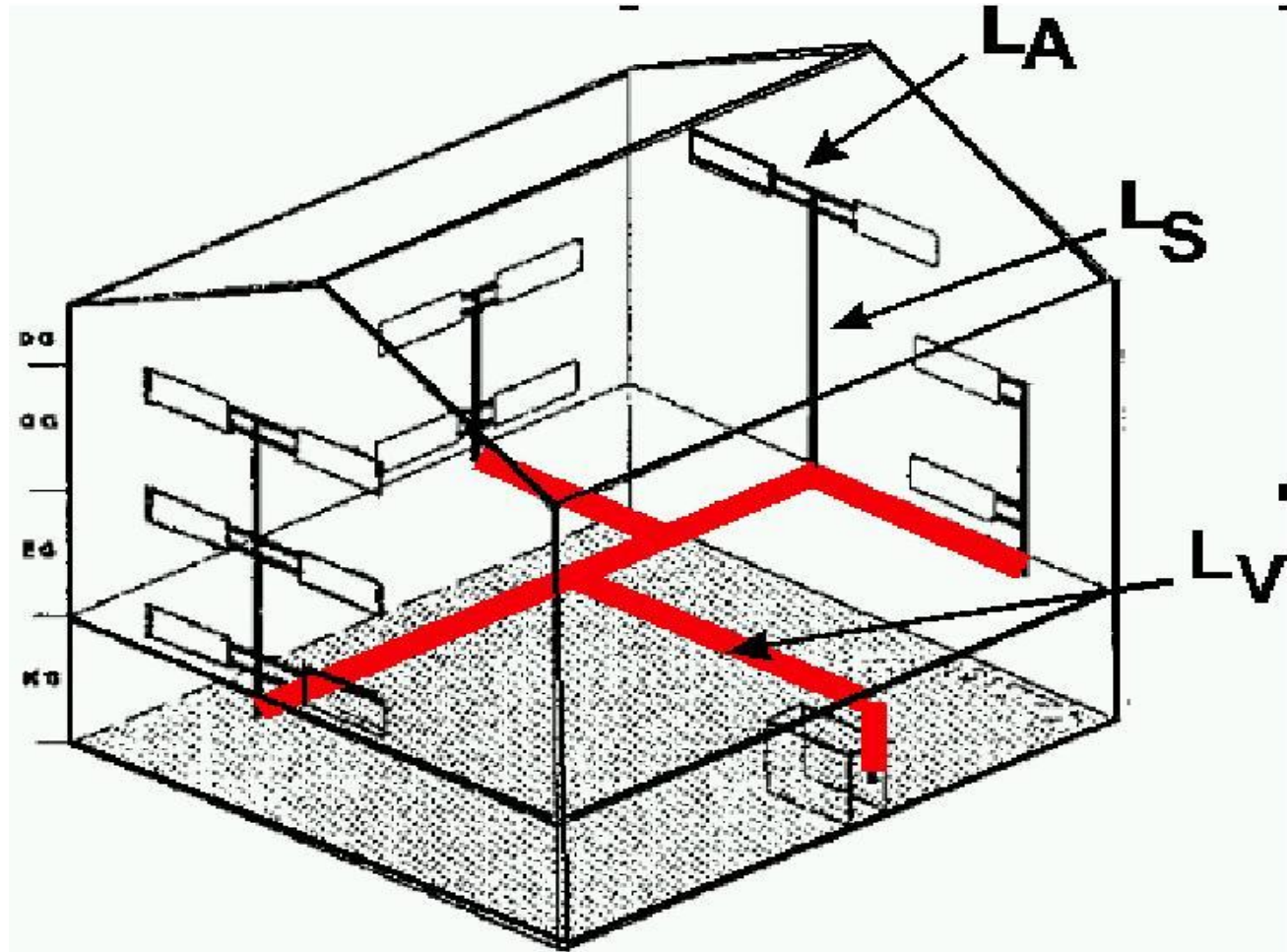
Основний принцип методу визначення регулярних тепловтрат і додаткової енергії в інженерній системі будівлі базується на аналізі таких підсистем, включаючи регулювання :

- енергетична ефективність підсистеми **виділення/тепловіддачі;**
- енергетична ефективність підсистеми **розподілення;**
- енергетична ефективність підсистеми **акумуляування та вироблення (генерування).**

Енергетичний потік у підсистемі



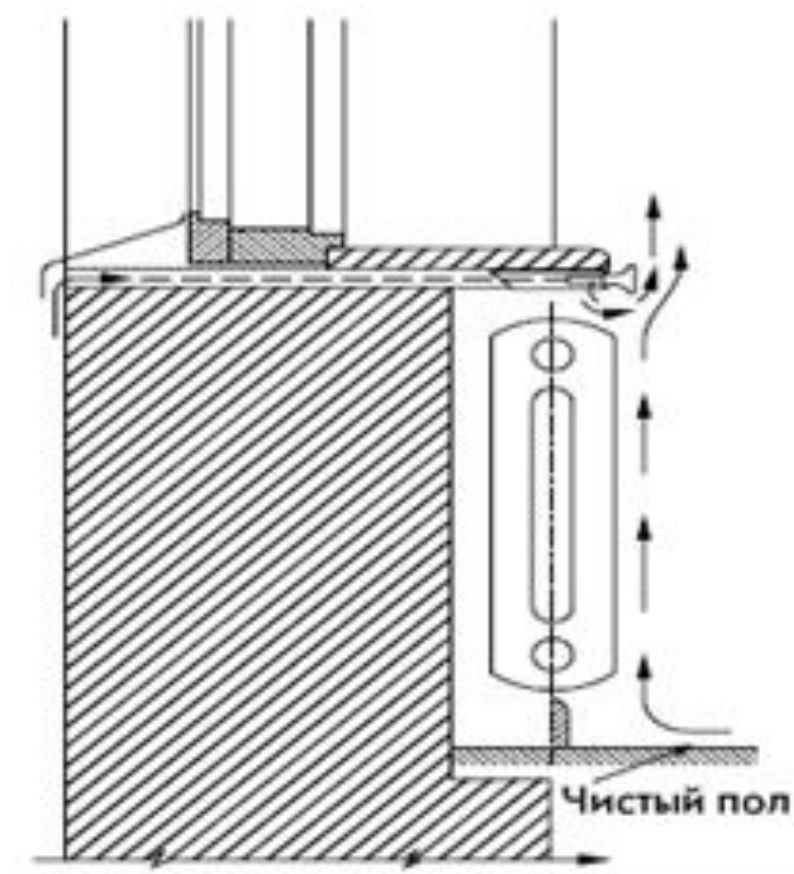
Типи трубопроводів теплорозподільної складової системи



ДОДАТКОВА ПОДАЧА ПОВІТРЯ



В КОНСТРУКЦІІ ВІКНА
Вентиляційний клапан
RENAU Climat



Поза конструкцією
вікна

РЕКУПЕРАЦІЯ ТЕПЛА



Підігрів свіжого повітря теплом повітря, що видаляється з будинку (приміщення)



Розрахунок споживання теплової енергії при опаленні

Місяць року	Параметр								
	$Q_{H,em,out,i}$ кВт·год	$[(f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}) / \eta_{emiss} - 1]$ он	$Q_{H,em,ls,i}$ кВт·год	$\eta_{H,gn,i}$	$Q_{H,em,in,i}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls,LV} = Q_{H,dis,ls,nrbl,i}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls,LA}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls,LS}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls,rbl,i}$ кВт·год
Січень	3090,6	0,13	401,8	1,0	3171,0	196,1	766,0	78,3	844,3
Лютий	2542,4	0,13	330,5	1,0	2608,5	177,1	691,9	70,8	762,7
Березень	1938,8	0,13	252,0	0,994	1990,4	196,1	766,0	78,3	844,3
Квітень	628,6	0,13	81,7	0,934	649,3	63,3	247,1	25,3	272,4
Травень	0	0	0	0,662	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0,234	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	-0,149	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0,079	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0,757	0	0	0	0	0
Жовтень	1010,7	0,13	131,4	0,979	1039,2	101,2	395,4	40,4	435,8
Листопад	2046,9	0,13	266,1	0,999	2100,1	189,8	741,3	75,8	817,1
Грудень	2806,8	0,13	364,9	1,0	2879,8	196,1	766,0	78,3	844,3
Всього за рік	14079,9				14454,2				

Результати розрахунку

Місяць року	Параметр						
	$Q_{H,dis,ls,rvd'i}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls,rbl'i} - Q_{H,dis,ls,rvd'i}$ кВт·год	$Q_{H,dis,ls,nrvd'}$ кВт·год	$Q_{H,dis,in'}$ кВт·год	$Q_{H,gen,out} = Q_{H,dis,in}$ кВт·год	$Q_{H,gen,ls'}$ кВт·год	$Q_{H,use'}$ кВт·год
Січень	717,6	126,7	322,8	3493,8	3493,8	145,6	3639,4
Лютий	648,3	114,4	291,5	2900,0	2900,0	120,9	3020,9
Березень	713,3	131,0	327,1	2317,5	2317,5	96,6	2414,1
Квітень	216,3	56,1	119,4	768,7	768,7	32,1	800,8
Травень	0	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0	0
Жовтень	362,7	73,0	174,2	1213,4	1213,4	50,6	1264,0
Листопад	693,8	123,3	313,1	2413,2	2413,2	100,6	2513,8
Грудень	717,6	126,7	322,8	3202,6	3202,6	133,5	3336,1
Всього за рік							16989,1

Звіт за результатами розрахунків енергопотреби та енергоспоживання

Енергетичні послуги	Енергоспоживання, кВт·год	Енергоносії								
		Теплота	Нафта	Природний газ	Вугілля	Централізоване тепlopостачання	Централізоване холодопостачання	Деревина	Електроенергія	Відновлювані *
										Інші, що виробляються на місці
Опалення	Енергопотреба для опалення	14079,9								
	Енергопотреба для центрального попереднього підігріву вентиляційного повітря									
	Енергоспоживання при опаленні					16989,1				
	Енергоспоживання при центральному попередньому підігріві									
	Додаткове енергоспоживання при опаленні							47,7		
	Додаткове енергоспоживання при центральному попередньому підігріві									
	Загальне енергоспоживання при опаленні					16989,1		47,7		
Охолодження	Енергопотреба для охолодження (в т.ч. осушення повітря)	1245,0								
	Енергопотреба для центрального попереднього охолодження вентиляційного повітря (в т.ч. осушення повітря)									
	Енергоспоживання при охолодженні (в т.ч. осушення повітря)							558,9		
	Енергоспоживання при центральному попередньому охолодженні (в т.ч. осушення повітря при попередньому охолодженні)									
	Додаткове енергоспоживання при охолодженні							150,9		
	Додаткове енергоспоживання при центральному попередньому охолодженні									
	Загальне енергоспоживання при охолодженні							709,8		
Вентиляція	Енергопотреба для зволоження вентиляційного повітря									
	Енергоспоживання вентиляторів, блоків управління та рекуператорів теплоти							346,2		
	Загалом енергоспоживання при вентиляції (в т.ч. зволоження повітря)							346,2		
ГВП	Енергопотреба ГВП	1404,0								
	Енергоспоживання ГВП					6139,9				
	Додаткове енергоспоживання ГВП							438		
	Загальне енергоспоживання ГВП					6139,9		438		
Освітлення	Енергоспоживання при освітленні									
Інші послуги	Енергоспоживання іншими послугами									
Загалом		16728,9				23129,0		1541,7		

Енергетичний паспорт будинку

Наведено у ДБН В.2.6-31:2016

ФОРМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАСПОРТА БУДІВЛІ

Таблиця А.1 - Загальна інформація

Дата заповнення (рік, місяць)	
Адреса будівлі	
Розробник проекту	
Адреса і телефон розробника	
Шифр проекту будівлі	
Рік будівництва	

Таблиця А.2 - Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця виміру	Величина
1	2	3	4
Розрахункова температура внутрішнього повітря для опалення	$\theta_{int,s,H}$	°C	
Розрахункова температура внутрішнього повітря для охолодження	$\theta_{int,s,C}$	°C	
Усереднена за часом витрата повітря на вентиляцію - в кондиціонованому об'ємі - між кондиціонованим та некондиціонованими об'ємами - між некондиціонованим об'ємом та зовнішнім середовищем	$q_{ve,mn}$	м³/год	
Усереднений за часом тепловий потік внутрішніх джерел - в кондиціонованому об'ємі - в некондиціонованому об'ємі	$\Phi_{int,mn}$	Вт/м²	
Внутрішня теплоємність будівлі	C	Вт·год/(м²·K)	

Форма енергетичного сертифікату



ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ					
Видано у відповідності до ДСТУ-Н 15603 порядковий № _____					
Технічні дані			Климатичні дані		
Загальна площа будівлі, м ²			Температурна зона		
Коридоризована площа будівлі, м ²			Тривалість опалювального періоду		
Коридоризований об'єм будівлі, м ³			Кількість градусоднів опалювального періоду		
Проекційний коефіцієнт теплопотребителів опорокучувальних конструкцій будівлі, Вт/(м ² ·K)			Нормована температура повітря у приміщенні		
Тип використаної покрівельної енергозберігаючої			Середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду		
Розраховані енергетичні потреби будівлі при нормованих умовах клімату (розрахунковий режим)			Енергоспоживання будівлі при фактичних умовах експлуатації (фактичний режим)		Нормований річний енергоспоживання
Енергопотреба даної:	Загальна, кВт/год	Питома, кВт/год/м ² (кВт/год/м ³)	Загальна, кВт/год	Питома, кВт/год/м ² (кВт/год/м ³)	кВт·год/м ² (кВт·год/м ³)
- опалення					
- вентиляції					
- гарячого водопостачання					
- холодопостачання					
- освітлення					
- вентиляції					
Загальна щільність енергоспоживання					
Загальна нормована енергоспоживання					
Відхилення нормованих коеф. від 1,000					
Примітки:					

Програмне забезпечення розрахунку енергоефективності

**Програма НДІБК, що розроблена
австрійською компанією e7 згідно
з ДСТУ Б А.2.2-12:2015 на замовлення
ЄБРР**

**і буде надаватися користувачам для
визначення енергоефективності будівлі**

Алгоритм розрахунків

1. Задаються дані про будинок (проект), які характеризують об'ємно-планувальні рішення, місце розташування, призначення будівлі тощо

ЕРС - Сертифікати енергетичної ефективності

Оновити | Перевірити цей розділ

Дата проекту (?) - 1stry SFH Test case - variant 14 [1nEFH]

Зберегти | Відмінити

Загальна інформація про проект

Код проекту:* 1nEFH Призначення будівлі: Одноквартирні будинки

Назва об'єкту:* 1stry SFH Test case - variant 14

Тип проекту: New building

Адреса

Назва міста: Київ

Поштовий код:

Адреса:

Ні:

План

Запланована дата:

Запланований номер:

Рік будівництва:

Зона

Кліматична зона: Зона I

Площа поверхні:* B

Статус

Статус: У проєкти

Змінено на : 25.08.2016 9:43

Створений: John1

Створений в: 27.07.2016 7:14

Дозвіл на будівництво

Дата подання:

Дата дозволу:

Локація

Широта: 0 1 2 Північ

Довгота: 0 1 2 Схід

Проектувальник | власник | Особа, що здійснив розрахунок

Особа

Прізвище:

Ім'я:

Організація:

е-mail:

Телефон:

Мобільний:

Адреса

Назва міста:

Поштовий код:

Адреса:

№ Адреси:

2. Задається інформація про огороження зовнішньої оболонки будівлі

EPC - Сертифікати енергетичної ефективності

Новий | Додати | Копіювати | Create Template | Видалити | Оновити | Перевірити цей розділ | Експорт в

Всі проекти | Проекти | Шаблони елементів | Порівняння | Поточний проект

Дані проекту | Дані будівлі | **Елементи будівлі** | Оболонка будівлі | Опалення | Гаряча вода | Охолодження | Вентиляція | Освітлення | Результат розрахунку | Сертифікат | Історія (відлагоджувати)

Кредити та покупки | Додаткова інформація | Адміністрування

Елемент проекту - Одноповерховий житловий будинок з оранжереєю [Б302 [1]]

Но	Ім'я	Площа елементу	Тип елементу	Площа	U-значення	R-Value	U-значення скла	U-значення рами	g-значення	Опис
7	ВК-1д	Вікна	Wi - вікна з кондиціонованого назовні	1,80	1,330	0,752	1,200	0,000	0,450	основної будівлі у двір
8	ВК-2д	Вікна	Wi - вікна з кондиціонованого назовні	1,35	0,000	0,000	1,200	0,000	0,450	основної будівлі у двір
9	ВК-2о	Вікна	Wiu - вікна з конд. до неконд.	1,35	1,330	0,752	1,200	0,000	0,450	основної будівлі у оранжерею
10	ВК-3д	Вікна	Wi - вікна з кондиціонованого назовні	3,60	1,330	0,752	1,200	0,000	0,450	основної будівлі у двір
11	ВК-4о	Вікна	Wiu - вікна з конд. до неконд.	3,76	1,330	0,752	1,200	0,000	0,450	основної будівлі у оранжерею
12	ВК-5о	Вікна	Wiu - вікна з конд. до неконд.	5,04	1,330	0,752	1,200	0,000	0,450	основної будівлі у оранжерею
13	ВТ-1	Вікна	Wue - вікна з неконд. назовні	28,00	2,400	0,417	2,700	0,000	0,675	вітражі оранжереї
14	Вхідні двері в будинок	Вхідні двері в будинок	FDi - двері з кондиціонованого назовні	2,73	0,800	1,250	0,000	0,000	0,522	Вхідні двері в будинок
6	Підлога цокольного поверху	Підлога цокольного поверху	GFig - Підлога цокольного поверху	0,00	0,521	1,919	0,000	0,000	0,000	Підлога цокольного поверху
5	Стіни оранжереї	Стіни	EWue - стіна з неконд. назовні	0,00	2,000	0,500	0,000	0,000	0,000	Стіни оранжереї
4	Стіни основної будівлі 3х.	Стіни	EWiu - стіна з конд. до неконд.	0,00	0,331	3,024	0,000	0,000	0,000	Стіни основної будівлі 3х.
3	Стіни основної будівлі Пн.Сх.Пд.	Стіни	EWi - стіна з кондиціонованого назовні	0,00	0,331	3,024	0,000	0,000	0,000	Стіни основної будівлі Пн.Сх.Пд.
1	Суміщене покриття будинку	Суміщене покриття	CCi - комб-покриття з конд. назовні	0,00	0,193	5,181	0,000	0,000	0,000	Суміщене покриття будинку
2	Суміщене покриття оранжереї	Суміщене покриття	CCue - комб-покриття з неконд. назовні	0,00	2,778	0,360	0,000	0,000	0,000	Суміщене покриття оранжереї

Page 1 of 1 (14 items) | Page size: 20

3. Задається інформація про інженерні системи будівлі (опалення, охолодження, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення)

ЕРС - Сертифікати енергетичної ефективності

Оновити ✓ Перевірити цей розділ

Всі проекти

Проекти

Шаблони елементів

Порівняння

Поточний проект

Дані проекту

Дані будівлі

Елементи будівлі

Оболонка будівлі

Опалення

Гаряча вода

Охолодження

Вентиляція

Освітлення

Результат розрахунку

Сертифікат

Історія

(відлягдуювати)

Кредити та покупки

Додаткова інформація

Адміністрування

Опалення (?) - Одноповерховий житловий будинок з оранжереєю [БЗО2 [1]]

Зберегти Відмінити

Загальна інформація про опалення

Система тепловіддачі: Гідравлічна Тип розрахунку періоду опалення: за температурною зоною

Генерування Теплообмін Розподілення

Енергоносії: Природний газ або скраплений

Тип генерації тепла: Стандартний котел вкл./викл.

Рік виробництва: Після 2008 року

Зберегти Відмінити

ЕРС - Сертифікати енергетичної ефективності

European Bank for Reconstruction and Development

BMP Bundesministerium für Finanzen

ЕРС Версія 1.0.892 (c) 2016

4. Програма виконує помісячний розрахунок енергопотреби й енергоспоживання за річний період експлуатації

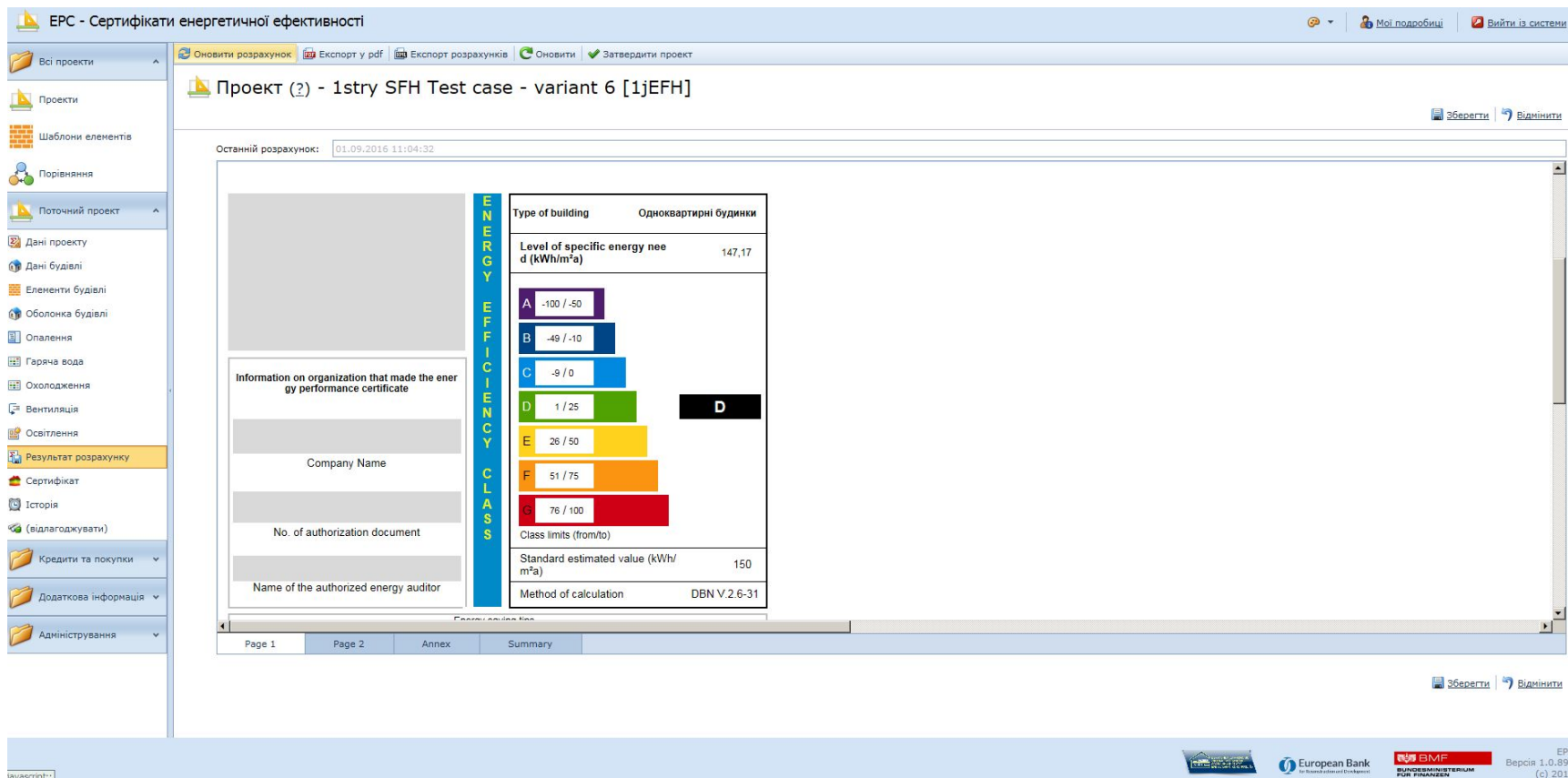
D2. Detailed data for net energy demand

Net Energy Demand for Heating

	QT	QV	Qht	Qsol	Qint	Qgn	γ	η	QH,nd
unit	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	-	-	kWh/a
January									
February									
March									
April									
May									
June									
July									
August									
September									
October									
November									
December									
Total	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			0,000

5. В результаті розрахунків встановлюється:

5.1. Клас енергоефективності будівлі (існуючі будинки отримують сертифікат)



5.2. Загальна інформація про енергопотребу та енергоспоживання будівлі (інформація наводиться в енергетичному паспорті)

ЕРС - Сертифікати енергетичної ефективності

Оновити розрахунок | Експорт у pdf | Експорт розрахунків | Оновити | Затвердити проект

Проект (?) - Односімейний одноповерховий без оранжереї - порівняння з ручним розрахунком [ОД-1]

Останній розрахунок: 01.07.2016 07:34:12

SUMMARY OF ENERGY FACTORS

ENERGY SERVICES	POWER CONSUMPTION	ENERGY SOURCE									
		1 Heat	2 Oil	3 Natural gas	4 Coal	5 District heating	6 District cooling	7 Wood	8 Electricity	9 Renewable	10 Other produced on site
HEATING	Energy need for heating	12 041									
	Energy need for central pre-heating of ventilation										
	Energy consumption for heating		0	0	0	0	0	0	0	0	
	Energy consumption for central preheating		0	0	0	0	0	0	0	0	
	Additional energy consumption for heating										
	Additional energy consumption for central preheating							0			
	Total energy consumption for heating		0	0	0	0		0	0	0	
	COOLING	Energy consumption for cooling (including dehumidification)	917								
	Energy consumption for central ventilation of air with pre-										

Page 1 | Page 2 | Annex | Summary

Европейський Банк
European Bank
for Reconstruction and Development

BMF
Bundesministerium
für Finanzen

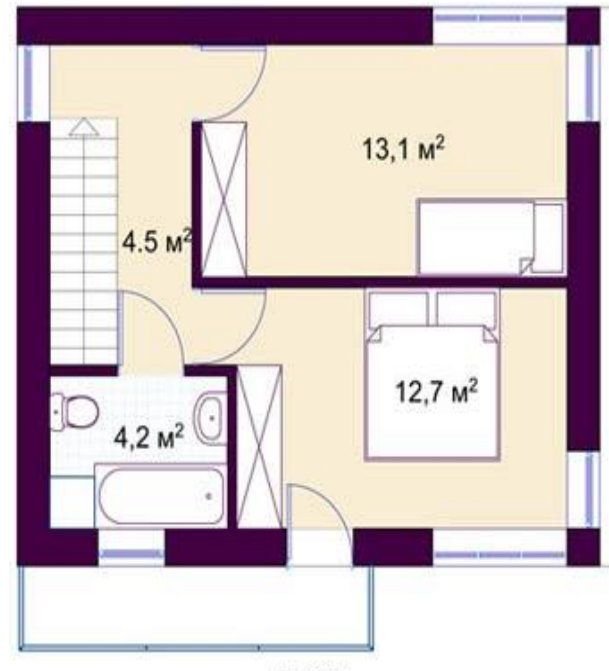
ЕРС
Версія 1.0.892
(c) 2016

**RESULTS OF CALCULATION OF THE ENERGY NEEDS FOR HEATING
A TWO-STOREY RESIDENTIAL BUILDING IN KIEV**
РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПОТРЕБ В ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ
ДВОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ У КИЄВІ

N



First floor



Second floor

ENERGY NEEDS FOR HEATING ПОПИТ НА ОПАЛЕННЯ

МІСЯЦЬ	EXEL-e7	НДІБК
Січень	3074,0 kWh/M	3090,6
Лютий	2491,0 kWh/M	2542,4
Березень	1939,7 kWh/M	1938,8
Квітень	702,5 kWh/M	628,6
Травень	52,2 kWh/M	0
Червень	0,7 kWh/M	0
Липень	0,0 kWh/M	0
Серпень	0,1 kWh/M	0
Вересень	165,8 kWh/M	15,1
Жовтень	1038,0 kWh/M	1010,7
Жовтень	2079,1 kWh/M	2046,9
Грудень	2804,6 kWh/M	2806,8

ENERGY CONSUMPTION FOR HEATING
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОПАЛЕННІ

МІСЯЦЬ	EXEL-e7	НДІБК
Січень	3 680,24	3639,4
Лютий	2 983,49	3020,9
Березень	2 326,55	2414,1
Квітень	841,29	800,8
Травень	62,14	0
Червень	0,82	0
Липень	0,00	0
Серпень	0,10	0
Вересень	197,38	0
Жовтень	1 242,91	1264,0
Жовтень	2 490,75	2513,8
Грудень	3 357,42	3336,1

Оцінка первинної енергії

$$E_p = \sum (E_{\text{del},i} \cdot f_{P,\text{del},i}) - \sum E_{\text{exp},i} \cdot f_{P,\text{exp},i}),$$

$E_{\text{del},i}$ – доставлена енергія для енергоносія i ;

$E_{\text{exp},i}$ – експортована енергія для енергоносія i ;

$f_{P,\text{del},i}$ – коефіцієнт використання первинної енергії для доставленого енергоносія i ;

$f_{P,\text{exp},i}$ – коефіцієнт використання первинної енергії для експортованого енергоносія i

Оцінка вуглекислого газу

Маса викидів CO₂:

$$m_{\text{CO}_2} = \sum (E_{\text{del},i} \cdot K_{\text{del},i}) - \sum (E_{\text{exp},i} \cdot K_{\text{exp},i});$$

$E_{\text{del},i}$ - доставлена енергія для енергоносія i ,

$E_{\text{exp},i}$ - експортована енергія для енергоносія i ;

$K_{\text{del},i}$ - коефіцієнт викидів CO₂ для доставленого енергоносія i

Коефіцієнти використання первинної енергії та викидів CO₂

Тип палива	Коефіцієнт використання первинної енергії, f	Коефіцієнт викидів CO ₂ , К
	Невідновлювана	кг/кВт·год
Нафтове паливо	1,35	330
Природний газ	1,10	247
Антрацит	1,19	394
Лігніт	1,40	433
Деревне паливо	1,0	200
Змішана електроенергія	3,3	792
Централізоване теплопостачання. Газові котли	1,3	280
Централізоване теплопостачання. Котли на іншому викопному паливі	1,39	390

ЛЕКЦІЯ 6

ЕНЕРГОАУДИТ

Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ

ДОСЛІДЖЕННЯ

Натурні спостереження

ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель

ДСТУ Б В.2.2-21:2008: Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків

Фактичне значення E_P визначають згідно з ДСТУ Б В.2.2-39

Опанування методик на об'єктах термомодернізації в Донецькій області







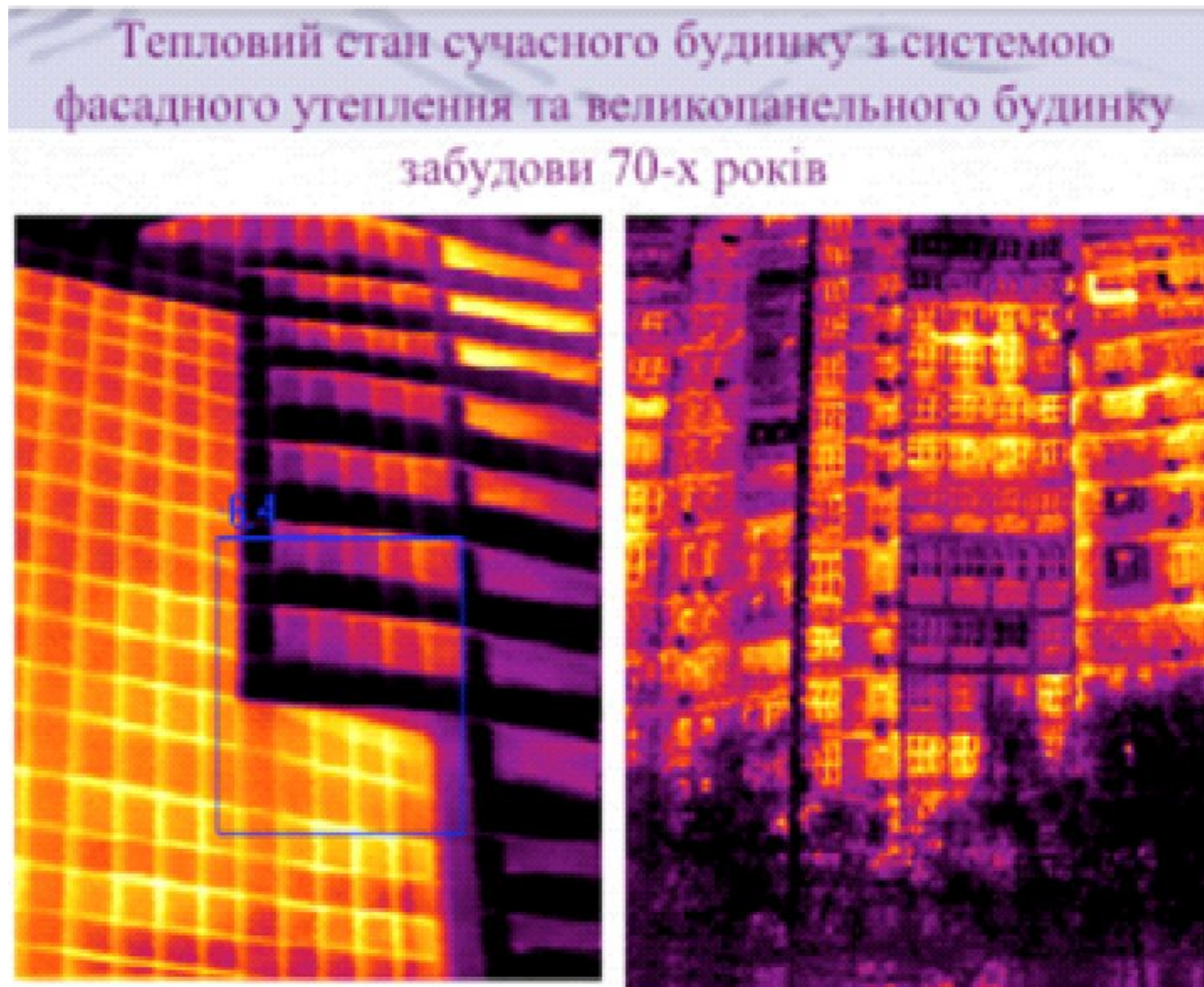
Тепловізійні дослідження

ДСТУ Б EN 13187:2012

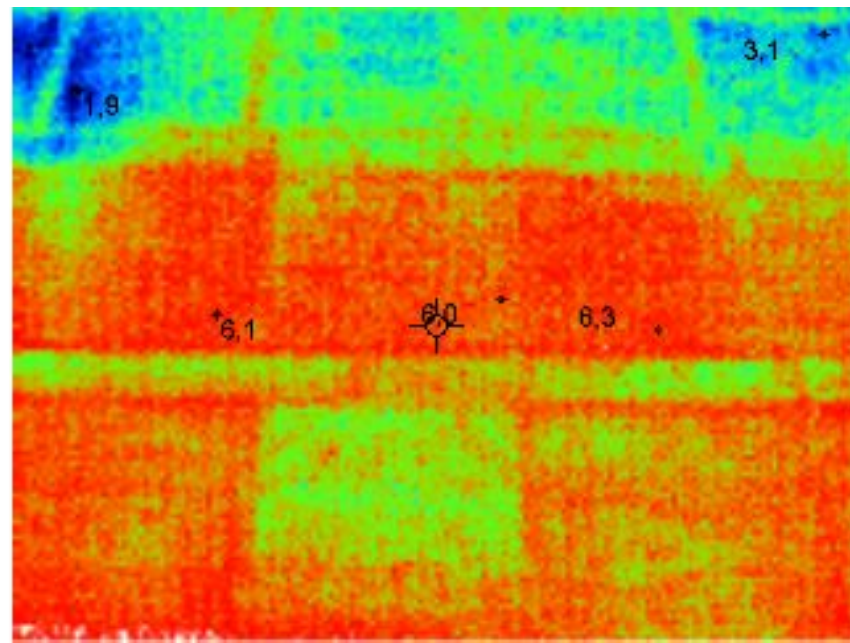
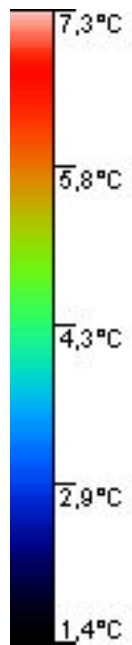
Теплова ефективність будинків. **Якісне
виявлення теплових відмов** в
огороджувальних конструкціях.

Інфрачервоний метод (EN 13187:1998, IDT)

Тепловізійні дослідження НДІБК, що виявляють енергетичну неефективність як нової так і старої будівлі

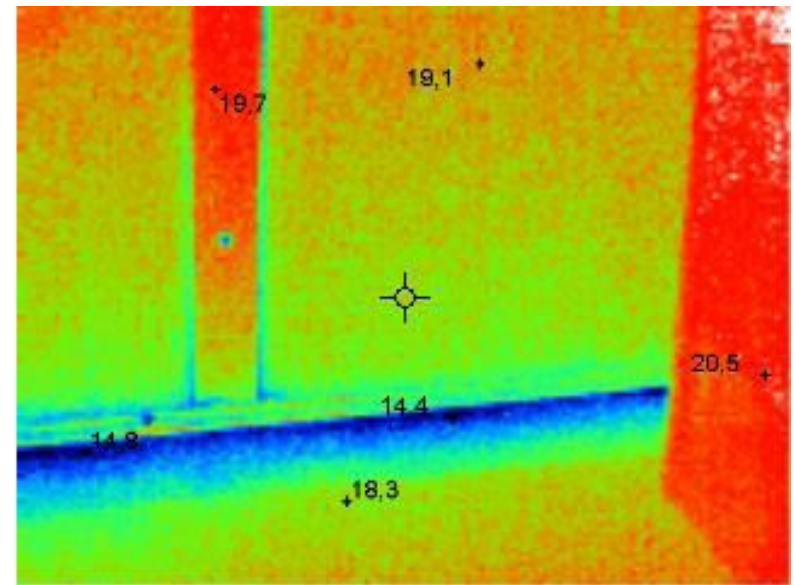
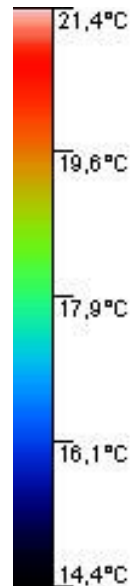


РЕЗУЛЬТАТИ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



Торець будинку,
рівень 3 – 5 поверхів

Вихолодження стику підлоги і стіни при утепленні стіни зсередини в квартирі 5-го поверху



ФРАГМЕНТАРНЕ УТЕПЛЕННЯ ЗЗОВНІ НА ДВОХ ПОВЕРХАХ



Повітропроникність в натурних умовах за ДСТУ Б В.2.2-19:2007



Аеродвері

Визначають:

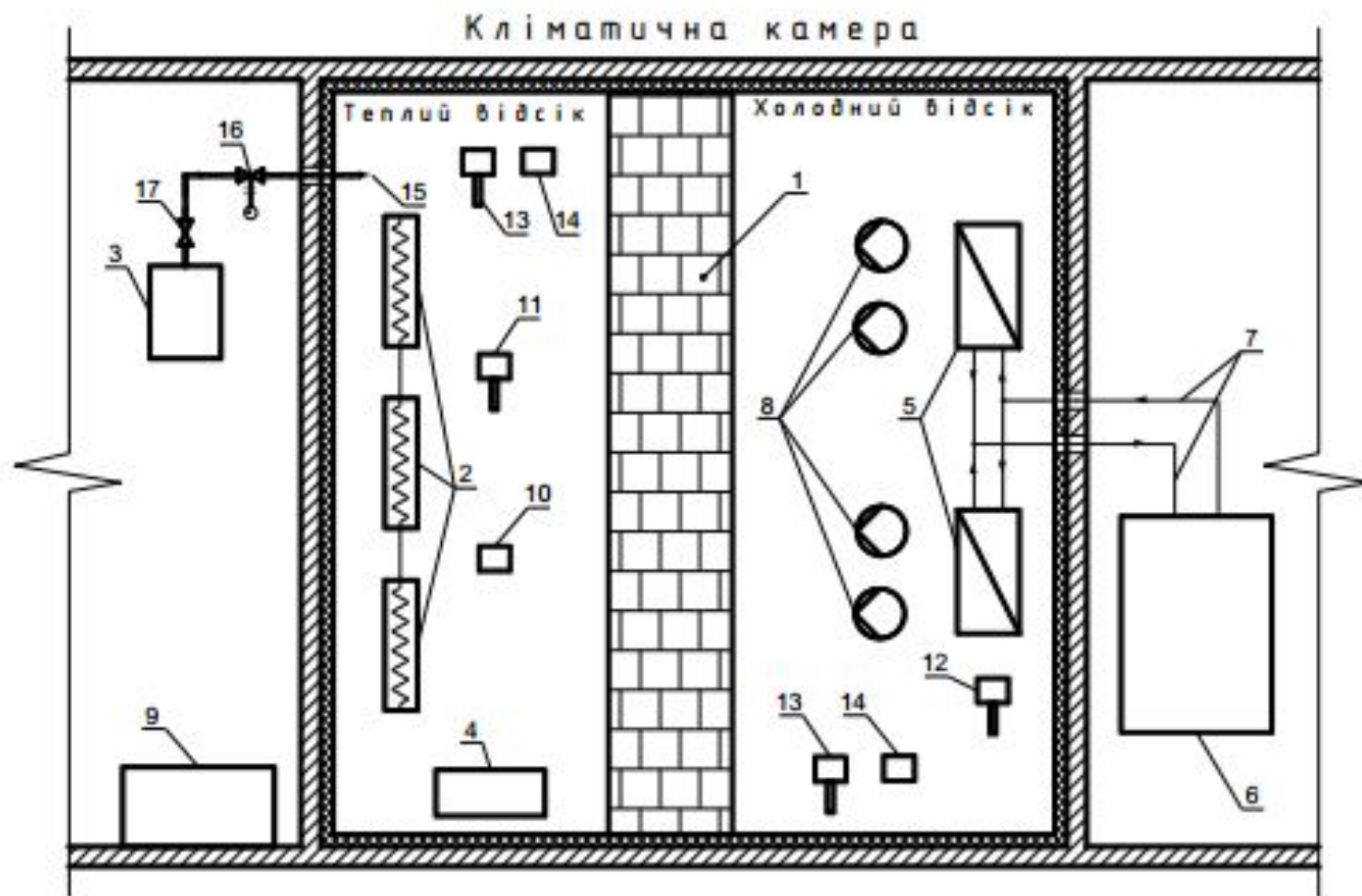
- кратність повітрообміну (год^{-1}) при 50 Па
- опір повітропроникності огорожувальних конструкцій

Для світлопрозорих
огорожень:

Якщо $R_g > R_{gH}$ в 5 і більше разів – застосування клапанів або каналів подачі свіжого повітря

Лабораторні дослідження

Дослідження опору теплопередачі конструкцій



**Вид дослідних конструкцій під час експерименту –
випробування опору теплопередачі**

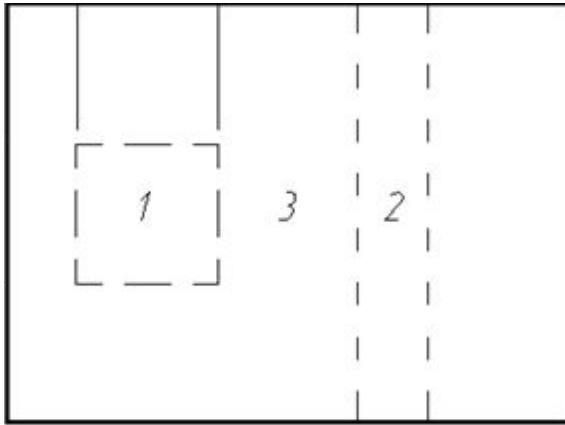
а)



б)



Приведений опір теплопередачі, визначений по
термічно однорідним ділянкам за ДСТУ Б
В.2.6-101:2010



$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{j=1}^J \frac{R_j F_j}{F_{\Sigma}} + \frac{1}{\alpha_3}$$

$$R_j = \frac{\bar{\tau}_{Bj} - \bar{\tau}_{3j}}{q_j}$$

R_j – термічний опір теплопередачі на однорідних ділянках огороження площею, F_j м²

F_Σ – площа огороження, м²

T_{vj} T_{zj} – середні температури на внутрішній та зовнішній поверхнях однорідних ділянок огороження, °С

q_j - величина теплового потоку, Вт/м²

Випробування конструкцій фасадної теплоізоляції з
опорядженням штукатуркою на стійкість до кліматичних
впливів
за ДСТУ Б В.2.7-182:2009



Лабораторні дослідження повітропроникності вікон за ДСТУ Б В.2.2-37:2008



ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**РОЗРОБКА
ЕНЕРГЕТИЧНОГО
ПАСПОРТУ БУДИНКУ**