

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури  
Кафедра міського будівництва та господарства

**03-04-073М**

**Методичні вказівки**

до практичного заняття з навчальної дисципліни  
«Реконструкція міської забудови»  
на тему «Розробка енергетичного паспорта будівлі при  
реконструкції» для здобувачів вищої освіти другого  
(магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою  
«Міське будівництво та господарство» спеціальності 192  
«Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості  
Навчально-наукового інституту  
будівництва та архітектури  
Протокол № 6 від 14.06.2022 р.

Рівне – 2022

Методичні вказівки до практичного заняття з навчальної дисципліни «Реконструкція міської забудови» на тему «Розробка енергетичного паспорта будівлі при реконструкції» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Міське будівництво та господарство» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання [Електронне видання] / Гомон С. С., Піліпака Л. М. – Рівне : НУВГП, 2022. – 27 с.

Укладачі: Гомон С. С., д.т.н., професор кафедри міського будівництва та господарства;  
Піліпака Л. М., к.т.н., доцент кафедри міського будівництва та господарства.

Відповідальний за випуск: Ткачук О. А., д.т.н., професор, завідувач кафедри міського будівництва та господарства.

Керівник освітньої програми

Ткачук О. А.

© Гомон С. С.,  
Піліпака Л. М., 2022  
© НУВГП, 2022

## ЗМІСТ

Передмова	4
1. Порядок розробки енергетичного паспорта будівлі при реконструкції	4
2. Вихідні дані	5
3. Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій	5
4. Оцінка значення температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій	6
5. Оцінка показників теплостійкості	7
6. Оцінка повітропроникності огорожувальних конструкцій	7
7. Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій	8
8. Визначення енергетичних показників будівлі	8
9. Визначення класу енергетичної ефективності будівлі	10
10. Енергетичний паспорт	10
Додаток	11
Список використаної літератури	27

## Передмова

Вивчення навчальної дисципліни «Реконструкція міської забудови» проводиться для здобувачів вищої освіти освітньої програми «Міське будівництво та господарство» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньої програми «Міське будівництво та господарство» другого (магістерського) рівня вищої освіти. Згідно навчального плану дана дисципліна вивчається у двох семестрах, має два модулі та чотири змістовні модулі.

В першому семестрі студенти повинні ознайомитися та вивчити питання пов'язані з підвищенням енергоефективності існуючих житлових та громадських будівель в процесі їх реконструкції. А також приведення існуючих будівель до діючих нормативних документів.

Дані методичні вказівки ознайомлять здобувачів з розробкою енергетичного паспорта будівель при реконструкції та порядком і особливостями його розрахунку. Також дозволять вивчити особливості проектування та розрахунку утеплення огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель при їх реконструкції.

Запропоновані методичні вказівки з дисципліни «Реконструкція міської забудови» спрямовані до вивчення практичного заняття на тему «Розробка енергетичного паспорта будівлі при реконструкції» в першому семестрі.

### **1. Порядок розробки енергетичного паспорта будівлі при реконструкції**

Енергетичний паспорт розробляють під час проектування житлових та громадських будівель при новому будівництві, реконструкції чи капітальному ремонті з метою визначення розрахункових показників енергетичних параметрів та для проведення оцінки установленим вимогам до енергоефективності будівель.

Згідно діючих нормативних документів порядок розробки енергетичного паспорта будівлі при реконструкції є наступним [1-7]:

- 1) наводяться вихідні дані;
- 2) визначаються теплотехнічні показники огорожувальних

- конструкцій;
- 3) проводиться оцінка значення температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій;
  - 4) проводиться оцінка показників теплостійкості;
  - 5) проводиться оцінка повітропроникності огорожувальних конструкцій;
  - 6) проводиться оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій;
  - 7) визначаються енергетичні показники будівлі;
  - 8) встановлюється клас енергетичної ефективності будівлі;
  - 9) отримані дані заносяться в енергетичний паспорт будівлі.

## 2. Вихідні дані

В даному пункті наводяться наступні вихідні дані:

- місто (село, селище), де буде проводитися реконструкція того чи іншого існуючого об'єкту;
- площа земельної ділянки, де буде проводитися реконструкція об'єкту;
- конструктивне та об'ємно-планувальне рішення;
- роза вітрів;
- загальна характеристика інженерних мереж;
- розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри [1,2].

## 3. Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначають за умовою

$$R_{\Sigma np} \geq R_{q \min}, \quad (1)$$

де  $R_{\Sigma np}$  - приведений опір теплопередачі,  $\frac{(m^2 \cdot K)}{Wt}$ , що розраховується за формулами (2) та (3);

$R_{q \min}$  - мінімально допустиме значення опору теплопередачі,  $\frac{(m^2 \cdot K)}{Wt}$ , встановлюють згідно [1].

Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається згідно з [3].

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, визначені згідно з додатком А [3].

Такі показники визначаються окремо для зовнішніх стін, покрівлі, підлоги, світлопрозорих конструкцій, вхідних дверей.

Опір теплопередачі зовнішніх стін, покрівлі, підлоги визначається за формулою згідно [3]

$$R_i = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_з}, \quad (2)$$

де  $R_i$  – тепловий опір  $i$ -го шару конструкції,  $\frac{(m^2 \cdot K)}{Вт}$ ;

$\alpha_в, \alpha_з$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $\frac{Вт}{(m^2 \cdot K)}$ , приймається за додатком Б [3];

$\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції (згідно вихідних даних), м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах (розрахункова теплопровідність приймається за додатком А[3]),  $\frac{Вт}{(m^2 \cdot K)}$ ;

$n$  – кількість шарів огорожувальної конструкції.

Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, що контактують із ґрунтом, визначається за формулою згідно [3]

$$R_{\Sigma_{нрц}} = R_{\Sigma_{ц}} + \frac{\delta}{\lambda}, \quad (3)$$

де  $R_{\Sigma_{ц}}$  - опір теплопередачі,  $\frac{(m^2 \cdot K)}{Вт}$ , приймають 2,1 для першої зони, 4,3 – для другої, 8,6 – для третьої зони, 14,2 – для площі, що залишилась;

$\delta$  – товщина теплоізоляційного шару, м, при теплопровідності утеплювача  $\lambda < 1,2 \frac{Вт}{(m^2 \cdot K)}$ .

Опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій встановлюється згідно з протоколами випробувань, які проводяться атестованими випробувальними лабораторіями.

#### **4. Оцінка значення температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій**

Мінімально допустимі значення температури внутрішньої

поверхні прозорих та непрозорих огорожувальних конструкцій визначаються згідно з п. 6.4 [1] на підставі розрахунків двомірних температурних полів відповідних вузлів у зонах теплопровідних включень, кутах і укосах віконних і дверних прорізів при розрахунковому значенні температури зовнішнього та внутрішнього повітря згідно з [1].

## 5. Оцінка показників теплостійкості

Оцінка показників теплостійкості здійснюється згідно з вимогами [1].

Для житлових та громадських будівель теплостійкість:

- в літній період зовнішніх огорожувальних конструкцій повинна виконуватися умова

$$A_{t_e} \leq 2,5; \quad (4)$$

- в зимовий період року температури приміщень

$$A_{t_e} \leq 1,5 \quad (5)$$

де  $A_{t_e}$  - амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих огорожувальних конструкцій (°C) визначається за [4];

$A_{t_e}$  - амплітуда коливань температури внутрішнього повітря (°C) визначається за [4].

Для поверхні підлог повинна виконуватися умова

$$Y_n \leq Y_{\max n}, \quad (6)$$

де  $Y_n$  - показник теплосвоєння поверхні підлоги,  $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$ ;

$Y_{\max n}$  - максимально допустиме значення показника теплосвоєння поверхні підлоги приймається в залежності від призначення будівлі згідно табл.6 [1].

## 6. Оцінка повітропроникності огорожувальних конструкцій

Оцінка повітропроникності конструкцій здійснюється згідно з [5].

Для огорожувальних конструкцій опалюваних будівель обов'язковим є виконання умови

$$G^k \leq G_n^k, \quad (7)$$

де  $G^k$  - повітропроникність огорожувальних конструкцій,

$\frac{(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па})}{\text{кг}}$ , визначається за [5];

$G_h^k$  – нормативна повітропроникність,  $\frac{(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па})}{\text{кг}}$ , визначається за табл.1 [5].

## 7. Оцінка вологісного режиму огороджувальних конструкцій

Оцінка вологісного режиму огороджуючих конструкцій здійснюється згідно з [1,6].

Для огороджувальних конструкцій опалюваних будівель обов'язковим є виконання умови

$$\Delta w \leq \Delta w_D, \quad (8)$$

де  $\Delta w$  – збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи за холодний період року, %;

$\Delta w_D$  – допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу в шарі якого може відбуватися конденсація вологи, %, визначається за табл.8 [1].

## 8. Визначення енергетичних показників будівлі

Розрахунок енергетичних показників будівлі визначаються згідно з вимогами [7].

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівлі  $k_{\Sigma np}$ ,  $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$ , визначається за формулою

$$k_{\Sigma np} = \xi \cdot \frac{\left( \frac{F_{nn}}{R_{np.nn}} + \frac{F_{cn}}{R_{np.cn}} + \frac{F_d}{R_{np.d}} + \frac{F_{nk}}{R_{np.nk}} + \frac{F_c}{R_{np.c}} \right)}{F_{\Sigma}}, \quad (9)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати: для житлових будинків -1,13, а для інших – 1,1;

$F_{nn}$ ,  $F_{cn}$ ,  $F_d$ ,  $F_{nk}$ ,  $F_c$  - площі відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів), зовнішніх входних дверей та воріт, покриттів (горизонтальних перекриттів), цокольних перекриттів (підлог по ґрунту),  $\text{м}^2$ ;



$R_{пр.нп}$ ,  $R_{пр.сп}$ ,  $R_{пр.д}$ ,  $R_{пр.лк}$ ,  $R_{пр.ц}$  - приведений опір теплопередачі відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів), зовнішніх входних дверей і воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів (підлог на ґрунті),  $\frac{(m^2 \cdot K)}{Вт}$ , згідно п.3 даних методичних вказівок;

$F_{\Sigma}$ - загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій,  $m^2$ .

Умовний коефіцієнт теплопередачі будівлі, що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації й вентиляції визначається за формулою згідно [7]

$$k_{инф.} = \frac{\chi_2 \cdot c \cdot n_{об} \cdot \nu_V \cdot \gamma_3 \cdot \eta}{F_{\Sigma}}, \quad (10)$$

де  $\chi_2 = 0,278$ ;

$c$  - питома теплоємність повітря, приймається рівною  $1 \frac{кДж}{(кг \cdot K)}$ ;

$n_{об}$  – середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період,  $год^{-1}$ , що встановлюється експериментально або визначається для житлових будинків згідно з [7];

$\nu_V = 0,85$ .

$\gamma_3$  – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції,  $кг/м^3$  ;

$\eta$  – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається:

Загальний коефіцієнт теплопередачі становить

$$k_{буд} = k_{\Sigma пр} + k_{инф} \quad (11)$$

Розрахункові витрати теплової енергії на опалення будівлі протягом опалювального періоду  $Q_{рік}$ ,  $кВт \cdot год$

$$Q_{рік} = [Q_k - (Q_{вн п} + Q_s) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot \beta_h, \quad (12)$$

де  $Q_k$  – загальні тепловтрати будівлі через огорожувальну оболонку будівлі,  $кВт \cdot год$ , визначаються за [7];

$Q_{вн.п}$  – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду,  $кВт \cdot год$ , визначаються за [7];

$Q_s$  – теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду,  $кВт \cdot год$ , для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма сторонами світу - північ (Пн), схід (С), південь (Пд) і захід (З), або за проміжними напрямками (північ - захід

(ПнЗ), північ - схід (ПнС), південь - схід (ПдС) і південь - захід (ПдЗ), визначаються за [7];

$\nu$  – коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будівлі акумулювати або віддавати теплоту під час періодичного теплового режиму, визначаються за [7];

$\zeta$  – коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення, при електричному опаленні визначаються за [7]

$\beta_h$  – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системи опалення визначаються за [7].

Також розраховуються додаткові характеристики будівлі, такі як коефіцієнт скління та показник компактності будівлі.

Коефіцієнт скління фасадів визначається за формулою згідно [7]

$$m_{ск} = \frac{F_{ск}}{F_{ин} + F_{д} + F_{сн}}. \quad (13)$$

Показник компактності будівлі

$$\lambda_{b,c} = \frac{F_{\Sigma}}{(V \cdot h)}. \quad (14)$$

## 9. Визначення класу енергетичної ефективності будівлі

Клас енергетичної ефективності будівлі визначається згідно табл. 1 та 2 [1].

## 10. Енергетичний паспорт

Енергетичний паспорт будівлі при реконструкції складається на основі даних, які були наведені в п. 2-10 даних методичних вказівок.

Форма енергетичного паспорта будівлі наведена в додатку А табл. А<sub>1</sub> - А<sub>5</sub> [1].

Приклад розрахунку енергетичного паспорта будівлі наведений в додатку даних методичних вказівок.

## ДОДАТОК

### ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАСПОРТА БУДІВЛІ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ

#### 1. Загальні дані

Проектом передбачено проведення реконструкції нежитлової будівлі під офісну будівлю за адресою: м. Рівне, вул. Відінська, 26.

#### 2. Вихідні дані

##### 2.1 Загальна характеристика будівлі

Реконструйована нежитлова будівля під офісну будівлю розташована на ділянці площею 0,0146 га.

Будівля запроектована каркасно-стінова з несучими зовнішніми поздовжніми, поперечними стінами і внутрішнім каркасом з колони і балок. Кількість поверхів - 2 + технічний поверх.

Будівля має габаритні розміри: в осях 1-4 – 10,82 м; в осях А-Г – 12,92 м. Висота поверхів – 3,0 м (рис.1).

За відносну відмітку 0.000 прийнято відмітку чистої підлоги першого поверху.

Пн

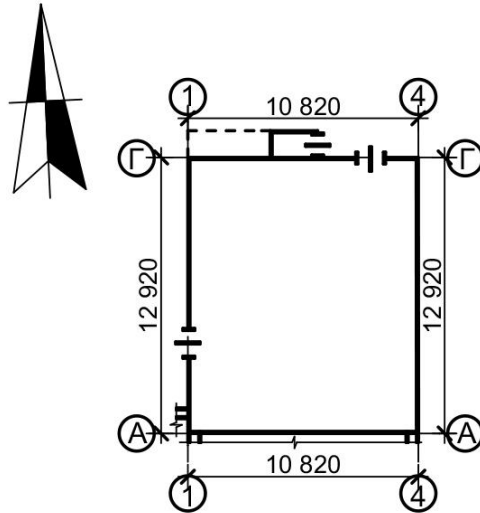


Рис.1. Схема будівлі

## 2.2 Вихідні дані для розрахунку

Будівля запроектована каркасно-стінова з несучими зовнішніми поздовжніми, поперечними стінами і внутрішнім каркасом з колони і балок.

Конструкція зовнішніх стін складається з повнотілої глиняної цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 640 мм та 510 мм (перший та другий поверхи) та газобетонних блоків Аегос, товщиною 375 мм (технічний поверх). В якості теплоізоляційного шару використовуються мінераловатні плити товщиною 120 мм.

Фундаменти зовнішніх стін існуючі – стрічкові з цегляної кладки і каменю-ракушняка на цементно-піщаному розчині. Ширина підшви фундаментів 1.20 м. Глибина закладання від поверхні землі 1.20 м. Висота цоколя на рівні відмостки.

Покрівля будинку суміщена виконана з монолітної залізобетонної плити завтовшки 180 мм з гідроізоляцією із утепленням шару керамзиту завтовшки 50...600 мм та плитами пінополістиролу ПСБ-35-С густиною  $\rho=35 \text{ кг/м}^3$  завтовшки 200 мм, цементно-піщаною стяжкою по теплоізоляційних плитах завтовшки 80 мм.

Світлопрозорі конструкції (вікна, балконні двері) виконані з ПВХ-профілів з  $\lambda=0,80 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$ . Площа світлопрозорих конструкцій відповідає нормам природного освітлення згідно з ДБН В.2.5-28:2018. Інсоляційний режим приміщень відповідає вимогам ДСП 173-96. При цьому надходження зайвої сонячної радіації у жаркий період року мінімізоване згідно з ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010.

У будівлі передбачено опалення від електромережі. Вентиляція в будинку припливно-втяжна з природним спонуканням. Приплив повітря здійснюється через вікна, видалення – через вентиляційні канали.

Використання відновлювальних та альтернативних джерел енергії не передбачено. Акумуляування енергії у години мінімального енергоспоживання не передбачено.

### **Облік енергоресурсів:**

- електроенергії – лічильник активної електричної енергії.

### **Система електроопалення:**

- опалювальні прилади установлені біля зовнішніх стін;
- пряме електроопалення з ПІ-регулюванням та оптимізацією.

### **Система гарячого водопостачання:**

- протяжність трубопроводів в опалюваній частині будівлі – 12,6м; у неопалюваній – трубопроводи не прокладені;

- трубопроводи теплоізольовані стандартно;
- система тупикова;
- регулювання періодичності зниження споживання енергії системою не застосоване;
- регулювання витоку води ручне;

### **Характеристика автоматизації інженерних систем:**

#### ***системи опалення*** –

- регулювання надходження теплової енергії до основних приміщень – місцеве автоматичне регулювання терморегуляторами на опалювальних приладах приміщення;

- регулювання періодичності зниження споживання відсутнє;

#### ***системи вентиляції*** –

- санвузлів - прививно-витяжна з природним спонуканням;
- офісних приміщень - припливно-витяжна з механічним спонуканням.

#### ***системи освітлення*** –

- система освітлення: регулювання за присутності людей у приміщенні ручне Вкл./Викл.;

#### ***локальна система автоматизації*** –

- локальна система автоматизації та управління будівлею відсутня;

#### ***технічний моніторинг та управління будівлею*** –

- технічний моніторинг та управління будівлею відсутній.

### **2.3. Основні об'ємно-планувальні показники**

Основні об'ємно-планувальні показники:

- опалювана площа будівлі  $F_h=399,41 \text{ м}^2$ ;
- опалюваний об'єм будинку  $V_h=964,89 \text{ м}^3$ ;
- загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій –  $F_{\Sigma}=652,72 \text{ м}^2$  (в тому числі  $F_{\text{сп в}}=98,65 \text{ м}^2$  – площа світлопрозорих конструкцій (вікон)).

### **2.4. Розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри**

Згідно з [1] розрахункова температура внутрішнього повітря приймається  $t_b=20^\circ\text{C}$ , розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Рівне  $t_3=-22^\circ\text{C}$ . Розрахункове значення відносної вологості приміщень 55%, мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні  $t_{\text{min}}=10,7^\circ\text{C}$ .

Кількість градусо-днів опалювального періоду –  $D_d=3658 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{дб}$ .

Згідно з [2] тривалість опалювального періоду для м. Рівне складає  $z_{\text{оп}}=182$  доби, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період  $t_{\text{оп з}} = 0,1^\circ\text{C}$ .

Згідно з [1] нормативне значення приведенного опору теплопередачі  $R_{q \text{ min}}, \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}}$ , становить:

- для зовнішніх стін –  $3,3 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}}$ ;

- для покриття опалювальних горищ (технічного поверху) –  $6,24 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}}$ ;

- для світлопрозорих огорожувальних конструкцій –  $0,75 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}}$ .

Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будівлі за опалювальний період згідно з [1] для громадських будівель з поверховістю в межах 1-3 поверхів становить

$$20 \cdot \lambda_{b,c} + 31 = 20 \cdot 0,68 + 31 = 44,6 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3},$$

де  $\lambda_{b,c}$  - коефіцієнт компактності будівель визначається за формулою (14)

$$\lambda_{b,c} = \frac{652,72}{964,89} = 0,68 \text{ м}^{-1}.$$

### 3. Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається згідно з [3].

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, визначені на підставі протоколів випробувань або згідно з додатком А [3]:

-  $\lambda_B = 0,87 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$  – цементно-вапняно-піщаний розчин ( $\rho_0=1600 \text{ кг/м}^3$ );

-  $\lambda_B=0,81 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$  – кладка з повнотілої глиняної цегли на цементно-піщаному розчині ( $\rho_0=1800 \text{ кг/м}^3$ );

-  $\lambda_B = 0,16 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$  – газоблок  $D=500$ ;

-  $\lambda_B = 2,04 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$  – залізобетон ( $\rho_0=2500 \text{ кг/м}^3$ );

- $\lambda_{\text{Б}} = 0,038 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$  – мінераловатні плити;
- $\lambda_{\text{Б}} = 0,13 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$  – гравій керамзитовий ( $\rho_0 = 300 \text{ кг/м}^3$ );
- $\lambda_{\text{Б}} = 0,037 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$  – плити пінополістирольні ПСБ-35-С ( $\rho_0 = 35 \text{ кг/м}^3$ ).

### 3.1. Зовнішні стіни

Зовнішні стіни будівлі, виконані з повнотілої глиняної цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 640 мм та 510 мм (перший та другий поверхи) із системою фасадного утеплення мінераловатними плитами завтовшки 120 мм (рис.2). Зовнішні стіни технічного поверху виконані з газоблоків завтовшки 375 мм із системою фасадного утеплення мінераловатними плитами завтовшки 120 мм (рис.3). Внутрішнє та зовнішнє опорядження стін цементно-вапняно-піщаний розчин, 20 мм та 10 мм відповідно.

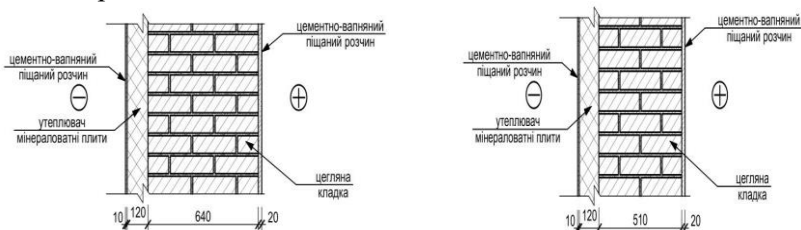


Рис.2. Принципове конструктивне рішення зовнішніх стін першого та другого поверхів будівлі

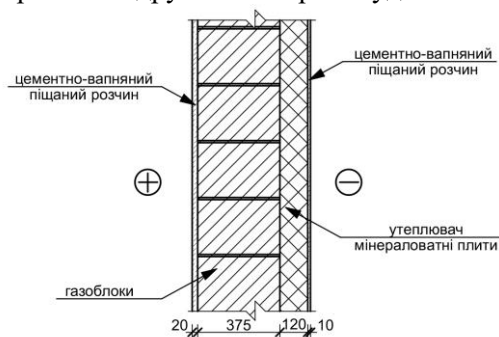


Рис. 3. Принципове конструктивне рішення зовнішніх стін технічного поверху будівлі

Опір теплопередачі зовнішніх стін по основному полю за формулою (2).

Для стін товщиною 640 мм:

$$R_{\Sigma_1} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,64}{0,81} + \frac{0,12}{0,038} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{1}{23} = 4,14 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}}.$$

Для стін товщиною 510 мм:

$$R_{\Sigma_2} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,12}{0,038} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{1}{23} = 3,98 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}}.$$

Для стін товщиною 375 мм:

$$R_{\Sigma_3} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,375}{0,16} + \frac{0,12}{0,038} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{1}{23} = 5,69 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт термічного впливу теплопровідних включень  $\tau$ , враховуючи планувальні характеристики будівлі, становить 0,85.

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін визначається:

- для стін товщиною 640 мм:  $R_{\Sigma_{пр1}} = 4,14 \cdot 0,85 = 3,52 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}};$
- для стін товщиною 510 мм:  $R_{\Sigma_{пр2}} = 3,98 \cdot 0,85 = 3,38 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}};$
- для стін товщиною 375 мм:  $R_{\Sigma_{пр3}} = 5,69 \cdot 0,85 = 4,84 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}}.$

### 3.3. Суміщена покрівля

Суміщена покрівля виконана: монолітною залізобетонною плитою завтовшки 180 мм з гідроізоляцією із утепленням шару керамзиту завтовшки 50...600 мм та плитами пінополістиролу ПСБ-35-С густиною  $\rho=35 \text{ кг/м}^3$  завтовшки 200 мм, цементно-піщаною стяжкою по теплоізоляційних плитах завтовшки 80 мм (рис.4).

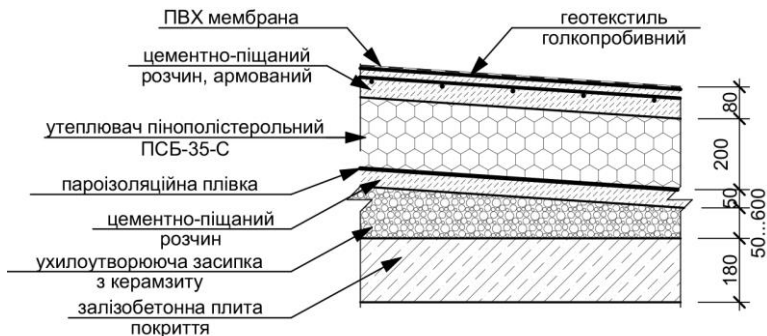


Рис.4. Принципове конструктивне рішення суміщеної покрівлі



Приведений опір теплопередачі суміщеної покрівлі

$$R_{пр.к} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,18}{2,04} + \frac{0,05}{0,13} + \frac{0,05}{0,84} + \frac{0,2}{0,037} + \frac{0,08}{0,81} + \frac{1}{12} = 6,24 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

### 3.4. Підлога по ґрунту

Підлога першого поверху виконана з бетону завтовшки 50 мм із утепленням плитами пінополістиролу ПСБ-35-С густиною  $\rho=35 \text{ кг/м}^3$  завтовшки 100 мм. Опорядження підлоги 1-го поверху керамічна плитка 10 мм по цементно-піщаному розчині завтовшки 40 мм (рис.5).

Опір теплопередачі ділянок підлоги, що контактують із ґрунтом, починаючи від зовнішніх стін до середини приміщення, визначаються за формулою (3):

- для першої зони, площею  $69,76 \text{ м}^2$  –  $R_{щ11} = 2,1+2,7 = 4,8 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ ;
- для другої зони, площею  $37,76 \text{ м}^2$  –  $R_{щ12} = 4,3+2,7 = 6,9 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ ;
- для третьої зони, площею  $6,02 \text{ м}^2$  –  $R_{щ13} = 8,6+2,7 = 11,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ .

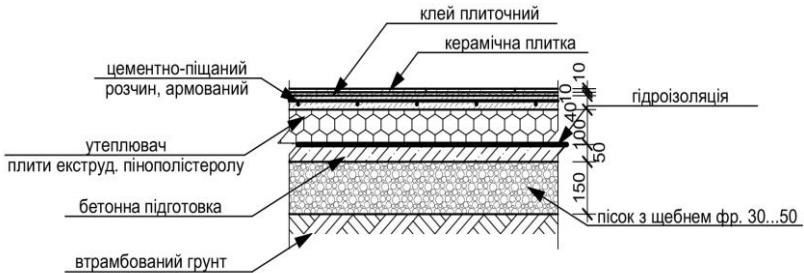


Рис.5. Принципове конструктивне рішення підлоги по ґрунту

Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, що контактують із ґрунтом згідно [1]

$$R_{пр.ц} = \frac{69,76 + 37,76 + 6,02}{\frac{69,76}{4,8} + \frac{37,76}{6,9} + \frac{6,02}{11,3}} = 5,52 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

### 3.6. Світлопрозорі конструкції

Світлопрозорі конструкції (вікна) виконані з ПВХ-профілів із заповненням двокамерними склопакетами з енергозберігаючим

покриттям на внутрішньому склі.

Опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій становить  $0,80 \frac{(m^2 \cdot K)}{Wt}$  згідно з протоколом випробувань № 162с від 12.07.2021 р., проведених атестованою випробувальною лабораторією.

### 3.7. Оцінка теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі  $R_{q,min}$  зовнішніх огорожувальних конструкцій згідно з [1] та приведений опір теплопередачі видів огорожувальних конструкцій будівлі наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Величини нормативних  $R_{q,min}$  та фактичних  $R_{\Sigma пр}$  показників з опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	$R_{q,mi} \frac{(m^2 \cdot K)}{Wt}$	$R_{\Sigma пр} \frac{(m^2 \cdot K)}{Wt}$
Зовнішні стіни товщиною 640	3,3	3,52
Зовнішні стіни товщиною 510		3,38
Зовнішні стіни товщиною 375		4,84
Суміщене покриття	6,0	6,24
Підлога по ґрунту	-	5,52
Світлопрозорі конструкції	0,75	0,80
Вхідні двері	0,6	0,6

### 4. Оцінка значення температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій

Мінімально допустима температура внутрішньої поверхні непрозорих огорожувальних конструкцій  $\tau_{min}$  визначена згідно з п.6.4 ДБН В.2.6-31 на підставі розрахунків двовірних температурних полів відповідних вузлів у зонах теплопровідних включень, кутах і укосах віконних і дверних прорізів при розрахунковому значенні температури зовнішнього та внутрішнього повітря згідно з [1].

Мінімальна температура внутрішньої поверхні в зоні примикання віконної конструкції до підвіконня становить  $12,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , що відповідає нормативним вимогам [1].

### 5. Оцінка показників теплостійкості

Оцінка показників теплостійкості здійснена згідно з вимогами [1].  
Оцінка теплостійкості огорожувальних конструкцій в літній

період.

Для громадських будівель теплостійкості в літній період зовнішніх огорожувальних конструкцій має виконуватися умова

$$At_b \leq 2,5$$

Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій розрахована згідно з [4]

$$A_{\tau_e} = \frac{A_{t_3, \text{роз}}}{\nu} = \frac{22,7}{15,76} = 1,44 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де  $A_{t_3, \text{роз}}$  - розрахункова амплітуда коливань зовнішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ ;

$\nu$  – величина затухання розрахункової температури зовнішнього повітря в огорожувальній конструкції.

Умова виконується.

Оцінка теплостійкості огорожувальних конструкцій в зимовий період.

Для громадських будівель теплостійкості в зимовий період зовнішніх огорожувальних конструкцій має виконуватися умова

$$At_b \leq 1,5$$

Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій розрахована згідно з [4]

$$A_{t_e} = \frac{0,7 \cdot Q_{np} \cdot m}{\sum_{j=1}^K B_j \cdot F_j} = \frac{0,7 \cdot 5794,16 \cdot 0,8}{4,70 \cdot 283,89 + 1,078 \cdot 98,65} = 0,49 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де  $Q_{np}$  – тепловтрати приміщення, Вт, визначається згідно п.5.4 [4];  
 $m$  – коефіцієнт нерівномірності систем опалення приймається згідно табл.1 [4];

$B_j$  – коефіцієнт теплопоглинання,  $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$ , визначається згідно п.5.6 [4];

$F_j$  – площа внутрішньої поверхні  $j$ -ї огорожувальної конструкції приміщення.

Умова виконується.

## **6. Оцінка повітропроникності огорожувальних конструкцій**

Оцінка повітропроникності конструкцій здійснена згідно з вимогами [5]. Повітропроникності огорожувальних конструкцій наведено в табл.2

Таблиця 2

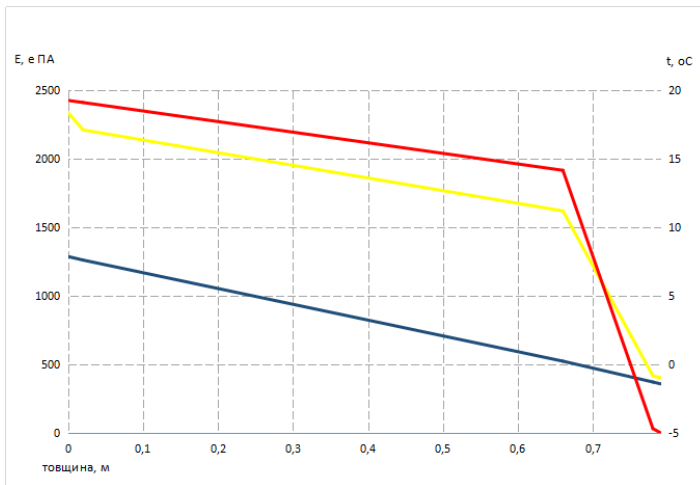
## Повітропроникність огорожувальних конструкцій

Висота від рівня підлоги першого поверху до середини огорожувальної конструкції $h_i$ , м	Нормативний опір повітропроникності $G_h^k$ , кг/м <sup>2</sup> ·год	Опір повітропроникності огорожувальних конструкцій $G^k$ , кг/м <sup>2</sup> ·год	Виконання умови
1,8 (стіна 640мм)	0,4	0,25	$G^k < G_h^k$
1,8 (стіна 510мм)	0,4	0,25	$G^k < G_h^k$
5,1 (стіна 640мм)	0,4	0,25	$G^k < G_h^k$
5,1 (стіна 510мм)	0,4	0,25	$G^k < G_h^k$
8,1 (стіна 375мм)	0,4	0,37	$G^k < G_h^k$

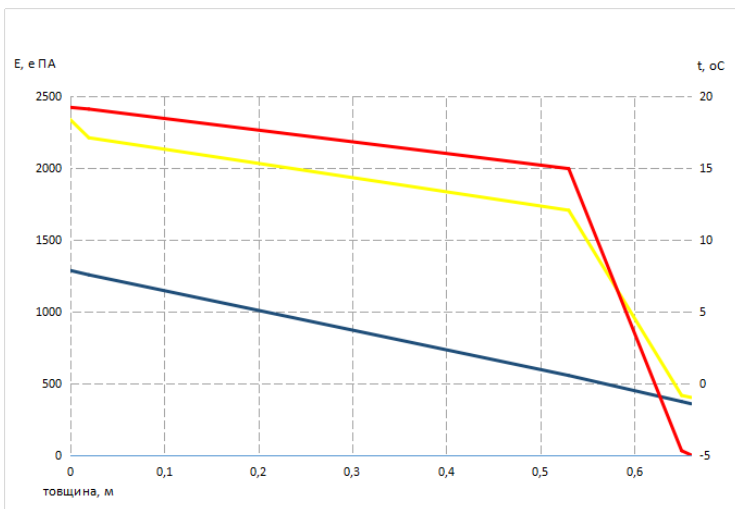
## 7. Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій

Оцінка вологісного режиму конструкцій здійснена згідно з вимогами [1] та [6] для глухих ділянок основного поля зовнішніх стін.

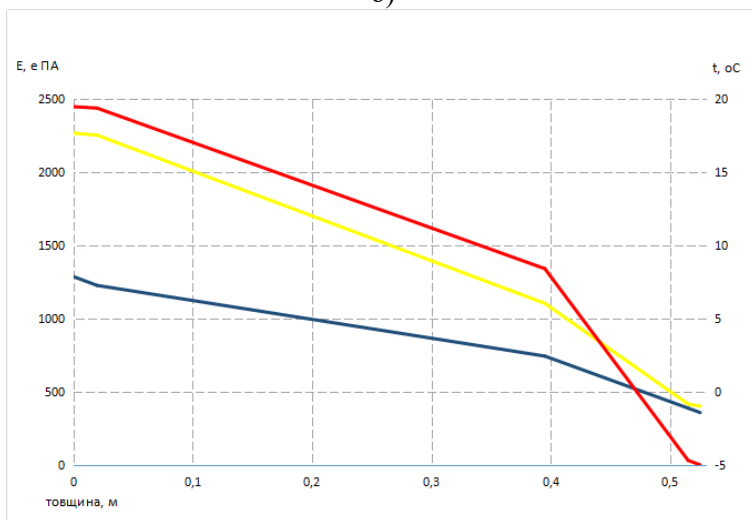
Схема тепловологісного режиму стінових огорожувальних конструкцій з фасадною теплоізоляцією та опорядженням показує, що при даному конструктивному рішенні не виникає конденсації вологи у товщі конструкції (рис.6а, рис.6б, рис.6в).



а)



б)



в)

Рис.6. Тепловологісний режим основного проектного рішення зовнішніх стін: а) для стіни товщиною 640мм; б) для стіни товщиною 510мм; в) для стіни товщиною 375мм (синя лінія – розподіл парціального тиску водяної пари,  $e$ , Па; жовта лінія – розподіл насиченої водяної пари,  $E$ , Па; червона лінія – розподіл температури,  $t$ , °С, в перерізі конструкції)

## 8. Визначення енергетичних показників будівлі

Розрахунок енергетичних показників будівлі визначаються згідно з вимогами [7].

Загальна площа зовнішніх стін; покриттів (суміщених); підголи 1-го поверху (що контактує з ґрунтом); світлопрозорих огорожувальних конструкцій, вхідних дверей в будівлю становить:

$F_{\text{ст1}}=120,57 \text{ м}^2$  – площа стін (непрозорих частин) товщиною 640 мм;

$F_{\text{ст2}}=50,64 \text{ м}^2$  – площа стін (непрозорих частин) товщиною 510 мм;

$F_{\text{ст3}}=112,68 \text{ м}^2$  – площа стін (непрозорих частин) товщиною 375 мм;

$F_{\text{ст в}}=98,65 \text{ м}^2$  – площа світлопрозорих конструкції (вікон);

$F_{\text{д}}=8,64 \text{ м}^2$  – площа вхідних дверей;

$F_{\text{пк}}=148,0 \text{ м}^2$  – площа покриттів (суміщених);

$F_{\text{ц}}=113,54 \text{ м}^2$  – площа підголи 1-го поверху (що контактує з ґрунтом).

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівлі  $k_{\Sigma \text{пр}}$ ,  $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$  визначається за формулою (9)

$$k_{\Sigma \text{пр}} = 1,13 \cdot \frac{\frac{120,57}{3,52} + \frac{50,64}{3,38} + \frac{112,68}{4,84} + \frac{98,65}{0,8} + \frac{8,64}{0,6} + \frac{148,0}{6,24} + \frac{113,54}{5,52}}{652,72} = 0,44 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}.$$

Умовний коефіцієнт теплопередачі будівлі, що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації й вентиляції  $k_{\text{інф}}$ ,  $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$ , визначається за формулою (10)

При цьому питома теплоємність повітря  $c = 1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ;  $v_v = 0,85$ ; середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації,  $\gamma_3 = 1,25 \text{ кг/м}^3$ ; коефіцієнт впливу зустрічного потоку в огорожувальних конструкціях  $\eta = 0,7$ .

Середня кратність повітрообміну будівлі за опалювальний період  $n_{\text{об}}$ , визначена за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації згідно [7].

Середня кратність повітрообміну будівлі за опалювальний період:

$$n_{\text{об}} = \frac{\frac{4 \cdot 399,41 \cdot 168}{168} + \frac{0,5 \cdot 0,85 \cdot 964,89 \cdot 0,7 \cdot 168}{168 \cdot 1,25}}{0,85 \cdot 964,89} = 2,23 \text{ год}^{-1}$$

Умовний коефіцієнт теплопередачі будівлі

$$k_{\text{інф}} = \frac{0,278 \cdot 1 \cdot 2,23 \cdot 0,85 \cdot 964,89 \cdot 1,25 \cdot 0,7}{652,72} = 0,68, \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$$

Загальний коефіцієнт теплопередачі становить

$$k_{\text{буд}} = k_{\Sigma \text{пр}} + k_{\text{інф}} = 0,44 + 0,68 = 1,12 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$$

Розрахункові витрати теплової енергії на опалення будівлі протягом опалювального періоду  $Q_{\text{рік}}$ , визначаються за рівністю (12)

Загальні тепловтрати будівлі через огорожувальну оболонку за опалювальний період становлять

$$Q_{\text{к}} = 0,024 \cdot 1,12 \cdot 3658 \cdot 652,72 = 6,42 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду

$$Q_{\text{вн п}} = 0,024 \cdot (90 \cdot 35 + 10 \cdot 284,3) \cdot 182 = 2,6 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду для чотирьох фасадів будівлі, орієнтованих за чотирма сторонами світу

$$Q_{\text{с}} = 0,8 \cdot 0,48 \cdot (45,3 \cdot 144 + 29,15 \cdot 198 + 24,2 \cdot 207) = 0,7 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахункові витрати теплової енергії на опалення будівлі протягом опалювального періоду

$$Q_{\text{рік}} = [6,42 \cdot 10^4 - (2,6 \cdot 10^4 + 0,7 \cdot 10^4) \cdot 0,8 \cdot 1] \cdot 1,05 = 3,97 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будівлі за опалювальний період

$$q_{\text{буд}} = \frac{3,97 \cdot 10^4}{964,89} = 41,14 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$$

Об'ємно-планувальні характеристики будівлі, такі як коефіцієнт скління та показник компактності будівлі становлять:

- коефіцієнт скління фасадів визначаємо за формулою (13)

$$m_{\text{ск}} = \frac{98,65}{283,89 + 8,64 + 98,65} = 0,25 ;$$

- показник компактності будівлі за формулою (14)

$$\Lambda_{\text{к.буд}} = \frac{652,72}{964,89} = 0,68 \text{ м}^{-1}$$

Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будівлі за опалювальний період згідно з [1] становить  $E_{\text{max}} = 44,6 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}$ .

Отже, нормативні вимоги [1] до питомих тепловитрат на опалення будівлі виконуються.

## 9. Визначення класу енергетичної ефективності будівлі

Клас енергетичної ефективності будівлі визначається згідно з [1] на підставі аналізу

$$\frac{41,14 - 44,6}{44,6} \cdot 100\% = -7,8\%$$

Згідно з [1] даний будівлі відноситься до класу енергетичної ефективності "С".

## 10. Енергетичний паспорт

Згідно вище наведених розрахунків енергетичний паспорт будівлі заповнюємо згідно [1] в табличній формі (табл.3, 4, 5, 6).

Таблиця 3

### Загальна інформація

Дата заповнення	Червень 2022 р.
Адреса будівлі	вул. Відінська, 26 м. Рівне, Рівненська обл.
Відповідальний виконавець	ТОВ «Смугабуд»
Адреса і телефон розробника	м. Рівне, вул. Тиха, 15
Шифр проекту	П-143984
Рік реконструкції	2022 р.

Таблиця 4

### Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця вимірювання	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_v$	°C	20
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_z$	°C	-22
Розрахункова температура теплого горища	$t_{вг}$	°C	20
Розрахункова температура технічного підпілля	$t_{ц}$	°C	--
Тривалість опалювального періоду	$Z_{оп}$	доба	182
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{оп з}$	°C	0,1
Розрахункова кількість градус-доба опалювального періоду	$D_d$	°C·доба	3658



Таблиця 5

Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будівлі

Призначення	Офісна будівля
Розташований в забудові	Окремо розташована
Типовий проект, індивідуальний	Індивідуальний
Конструктивне рішення	Каркасно-стінова з несучими зовнішніми поздовжніми, поперечними стінами і внутрішнім каркасом з колони і балок.

Таблиця 6

Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Показник	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (проектне) значення показника	Фактичні значення показника
1	2	3	4	5
Геометричні показники				
Загальна площа зовнішніх огороджуючих конструкцій будівлі	$F_{\Sigma}, \text{м}^2$	-	652,72	
В тому числі:				
- стін	$F_{\text{ст}}, \text{м}^2$	-	283,89	
- вікон	$F_{\text{вік}}, \text{м}^2$	-	98,65	
- вхідних дверей	$F_{\text{д}}, \text{м}^2$	-	8,64	
- покриттів (суміщених)	$F_{\text{пк}}, \text{м}^2$	-	148,0	
- підлога по ґрунту	$F_{\text{п}}, \text{м}^2$	-	113,54	
Площа опалювальних приміщень	$F_{\text{п}}, \text{м}^2$	-	399,41	
Опалювальний об'єм	$V_{\text{п}}, \text{м}^3$	-	964,89	
Коефіцієнт скління фасадів будівлі	$m_{\text{ск}}$	-	0,25	
Показник компактності будівлі	$\Lambda_{\text{к буд}}, \text{м}^{-1}$	-	0,68	

Продовження таблиці 6

1	2	3	4	5
Теплотехнічні та енергетичні показники				
Теплотехнічні показники				
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій:	$R_{\Sigma пр}, \frac{(m^2 \cdot K)}{Вт}$			
- стін товщиною 640 мм	$R_{\Sigma пр нп 1}$	3,3	3,52	
- стін товщиною 510 мм	$R_{\Sigma пр нп 2}$		3,38	
- стін товщиною 375 мм	$R_{\Sigma пр нп 3}$		4,84	
- вікон та балконних дверей	$R_{\Sigma пр сп в}$	0,75	0,80	
- вхідних дверей	$R_{\Sigma пр, д}$	0,6	0,6	
- покриттів (суміщених)	$R_{\Sigma пр шк}$	6,0	6,24	
- підлога по ґрунту	$R_{\Sigma пр ц}$	-	5,52	
Енергетичні показники				
Розрахункові питомі тепловтрати	$Q_{буд}, \frac{кВт \cdot год}{m^3}$		-	(41,14)
Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будівлі	$Q_{буд}, \frac{кВт \cdot год}{m^3}$		-	(44,6)
Клас енергетичної ефективності			С	С
Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів	рік		25	
Відповідність проекту будівлі нормативним вимогам			Так	
Необхідність доопрацювання проекту будівлі			Ні	

Таблиця 7

## Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будівлі

Проект відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016 до теплотехнічних та енергетичних показників огорожуючих конструкцій будівлі і порядку їх розрахунків, що забезпечує:

- раціональне використання енергетичних ресурсів на обігрівання приміщень будівлі;
- нормативні показники санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень;
- довговічність огорожуючих конструкцій під час експлуатації

### **Список використаної літератури**

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 31 с.
2. ДСТУ Н Б В.1.1-27: 2010. Будівельна кліматологія. Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 43 с.
3. ДСТУ - Н Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ : Мінрегіон України, 2014. 51 с.
4. ДСТУ - Н Б В.2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосасвоєння огорожувальних конструкцій. Київ : Мінрегіон України, 2014. 25 с.
5. ДСТУ - Н Б В.2.6-191:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників повітропроникності огорожувальних конструкцій. Київ : Мінрегіон України, 2014. 13 с.
6. ДСТУ - Н Б В.2.6-192:2013. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. Київ: Мінрегіон України, 2014. 37 с.
7. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008 р. 43 с.