

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

для організації самостійної роботи,  
проведення практичних занять  
і виконання розрахунково-графічних робіт  
із навчальної дисципліни

**«ЕНЕРГОРЕНОВАЦІЯ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ»**

*(для студентів I курсу денної і заочної форм навчання  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
магістерської освітньої програми «Міське будівництво та господарство»)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2019**

Методичні рекомендації для організації самостійної роботи, проведення практичних занять і виконання розрахунково-графічних робіт із навчальної дисципліни «Енергореновація цивільних будівель» (для студентів 1 курсу денної і заочної форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Е. А. Шишкін, Ю. І. Гайко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 35 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Е. А. Шишкін,  
канд. техн. наук, доц. Ю. І. Гайко

Рецензент

**О. В. Завальний**, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри міського будівництва (Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова)

*Рекомендовано кафедрою міського будівництва, протокол № 2 від 30.08.2019.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.....	5
Практичне заняття 1 Збір інформації, необхідної для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель.....	5
Практичне заняття 2 Геометричні показники будівлі .....	7
Практичне заняття 3–4 Геометричні показники будівлі.....	9
Практичне заняття 5–6 Теплотехнічні показники .....	11
Практичне заняття 7–8 Складання енергетичного сертифікату громадської будівлі.....	14
Практичне заняття 9 Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будинку .....	18
2 РОЗРАХУНКОВО-ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	20
3 САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ .....	25
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	26
ДОДАТОК.....	27

## ВСТУП

*Метою викладання навчальної дисципліни «Енергореновація цивільних будівель» є систематизоване формування необхідних професійних знань та проектних навичок з фізичних основ, загальних принципів, структури та функціонування систем розподілу енергоносіїв у цивільному будівництві.*

*Основними завданнями вивчення дисципліни «Енергореновація цивільних будівель» є: визначення містобудівного потенціалу сельбищної території, який впливає на енергетичне споживання будинків; формування у студентів належного рівня знань про методи, техніку й організацію робіт, пов'язаних з розробкою проекту енергореновації цивільних будівель; засвоєння загальних положень реновації міської забудови; оцінка ефективності проектних рішень; вивчення зарубіжного і вітчизняного досвіду енергореновації цивільних будівель.*

*У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:* передумови та основні напрямки, що необхідні для енергореновації цивільних будівель; загальні відомості та аналіз споживання енергії в будівлях; енергозберігаючі заходи в будівлях; методи зменшення теплових втрат в будівлях; особливості енергоаудиту у цивільних будівлях.

*У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен вміти:* обґрунтовувати основні містобудівельні характеристики сельбищної території, що впливають на енергетичне споживання будинків; складати сертифікат енергоефективності будинку, що підлягає енергореновації; визначати техніко-економічні показники роботи інженерних систем будинків; запроектувати зміни об'ємно-планувальних та конструктивних рішень при реконструкції будівель з метою енергореновації; визначати параметри середовища, які необхідні для оптимальної експлуатації будинку; проводити аналіз оптимальних умов експлуатації будинків, розробляти комплексні заходи щодо втілення проектних рішень; виконувати плани-графіки на енергоаудит будинків.

## 1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

### Практичне заняття 1 Збір інформації, необхідної для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель

**Мета:** проаналізувати порядок збору інформації, необхідної для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель.

**Загальні відомості.** Інформація, яка необхідна для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель, встановлюється на підставі проектної документації на будівлю згідно з вимогами ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво». У випадку відсутності проектної документації відповідні дані визначаються за результатами виявлення фактичного стану будівлі.

Інформацією, необхідною для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель, є:

- 1) місцеві кліматичні умови;
- 2) функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі (характеристики стінових огорожувальних конструкцій, конструкцій покриття, конструкцій перекриття, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, зовнішніх дверей);
- 3) геометричні параметри будівлі та визначені фактичні значення (загальна площа і площа за сторонами світу відповідних зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку, їх товщина, кондиціонована (опалювана) площа, кондиціонований (опалюваний) об'єм, об'єм, призначений для вентиляції, середня висота приміщення);
- 4) нормативні санітарні та мікрокліматичні умови приміщень будівлі;
- 5) наявність приміщень з різним функціональним призначенням у складі будівлі, фактичні значення кондиціонованої площі, кондиціонованого об'єму та об'єму для вентиляції таких приміщень;
- 6) конструктивні особливості та геометричні параметри світлопрозорих огорожувальних конструкцій, матеріал плетіння, тип скління, наявність сонцезахисних пристроїв, значення розрахункової теплопровідності;
- 7) показники приведенного опору теплопередачі непрозорих та світлопрозорих огорожувальних конструкцій;
- 8) розрахункове значення усередненої за часом витрати повітря для будівлі або її кондиціонованих зон;
- 9) внутрішні теплонадходження;
- 10) сонячні теплонадходження;

11) дані щодо інженерних систем будівлі:

– інформація про встановлені в будівлі засоби обліку споживання теплової та електричної енергії, використання газу або інших джерел енергії;

– інформація щодо використання відновлюваних джерел енергії чи способів рекуперації тепла, пасивних сонячних систем та систем захисту від сонця або застосування когенерації з установленням характеристик та об'ємів застосування і показників корисної дії;

12) для систем опалення:

– вид системи опалення (гідравлічна, електрична, повітряна);

– гідравлічне налагодження системи (двотрубна, однотрубна, однотрубна з постійним гідравлічним режимом, однотрубна із змінним гідравлічним режимом);

– тип регулювання температури повітря приміщення, температурний напір;

– специфічні тепловтрати через зовнішні огороження, специфічні тепловтрати через прилеглі до опалювальних панелей поверхні;

– тип системи опалення (підлогова, стінова, стельова);

– електроопалення (пряме, акумуляційне, акумуляційне з регулюванням) конфігурація повітряного опалення;

– технічні параметри системи розподілення (ізоляція трубопроводів, запірно-регулювальна арматура, тип регулювання та рівень регулювання насоса);

– параметри генерації та вид енергоносія (природний газ, мазут, вугілля, дерев'яна щепи);

13) для систем охолодження:

– тип вентилятора;

– тип компресора;

– холодоагент;

– наявність системи попереднього охолодження;

– наявність доводчиків;

– клас системи управління;

14) для систем постачання гарячої води:

– тип системи (без циркуляційного контуру, зі статично збалансованими циркуляційними стояками, з автоматично збалансованими за температурою води циркуляційними стояками);

– технічні параметри розподілення (кількість секцій, довжина трубопроводу, лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводів, середня температура гарячої води у секції трубопроводу);

– місячний або річний період користування, кількість робочих циклів на день, період циркуляції, водорозбір;

15) для систем вентиляції:

- вид механічної вентиляції (збалансована, децентралізована, інша);
- питома потужність вентиляторів;
- наявність систем осушення, зволоження повітря, нічного охолодження, рекуперації тепла;

16) для систем освітлення:

- кількість ламп, їх тип та потужність;
- питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі;

17) нормативний строк експлуатації огорожувальних конструкцій та елементів;

18) енергетичний баланс будівлі.

## **Практичне заняття 2 Геометричні показники будівлі**

**Мета:** визначення даних, необхідної для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель, та проведення її аналізу.

**Загальні відомості.** Дані щодо площі зовнішніх огорожувальних конструкцій визначаються за внутрішніми розмірами відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності площа зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається за обмірами будинку.

Загальна площа зовнішніх стін (з урахуванням віконних і дерев'яних прорізів) визначається як добуток периметра зовнішніх стін за внутрішньою поверхнею на внутрішню висоту будинку, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху з урахуванням площі віконних і дверних укосів від внутрішньої поверхні стіни до внутрішньої поверхні віконного або дверного блока. Сумарна площа вікон визначається за розмірами прорізів у світлі. Площа зовнішніх стін (непрозорої частини) визначається як різниця загальної площі зовнішніх стін та площі вікон і зовнішніх дверей.

Площа горизонтальних зовнішніх огорожувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекриття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін). У разі похилих поверхонь стелі останнього поверху площа покриття, горищного перекриття визначається як площа внутрішньої поверхні стелі.

Дані щодо опалюваної площі визначаються відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності опалювана площа визначається як площа поверхів (у тому числі мансардного, опалюваного цокольного й підвального) будинку, яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають перегородки й внутрішні стіни. В опалювану площу включаються опалювані сходові клітки, ліфтові та

інші шахти з урахуванням їх площі на рівні кожного поверху. В опалювану площу будинку не включаються площі теплих горищ і техпідпілля, неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд, сходових клітин, а також холодного горища або його частини, не зайнятої під мансарду. При визначенні площі мансардного приміщення житлового будинку враховують площу цього приміщення з висотою похилої стелі не менше 1,5 м при нахилі 30 град. до горизонту; 1,1 м при 45 град.; 0,5 м при 60 град. і більше. Площу приміщення з меншою висотою враховують у загальній площі з коефіцієнтом 0,7.

Дані щодо опалюваного об'єму визначаються відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності опалюваний об'єм визначається як добуток опалюваної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху. У разі складних форм внутрішнього об'єму будинку опалюваний об'єм визначається як об'єм простору, що обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін, покриття або горищного перекриття, цокольного перекриття). Для підземних автостоянок опалюваний об'єм обмежується перекриттям над автостоянкою.

При визначенні параметрів складових елементів огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будівлі для термічно однорідних огорожувальних конструкцій і термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій визначають кількість шарів матеріалу, у тому числі його тип, модифікацію, густину та вологість.

Вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях визначаються відповідно ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель».

Показники приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій визначаються відповідно до розділу 5 ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків» – для непрозорих огорожувальних конструкцій та відповідно до вимог розділів 5, 6, додатків А, В, С, D, E, F, G ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 «Теплотехнічні властивості вікон, дверей і жалюзі. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальні умови» – для світлопрозорих огорожувальних конструкцій.

Для віконних конструкцій будівель, які мають коефіцієнт скління фасаду не більше 0,2 і при цьому відносна кількість змінених у процесі експлуатації будівлі віконних конструкцій не перевищує 50 %, приведений опір теплопередачі може прийматися однаковим для всіх віконних конструкцій.



### Практичне заняття 3–4 Геометричні показники будівлі

**Мета:** визначення геометричних показників будівлі.

**Загальні відомості.** Методика визначення геометричних показників будівлі:

1 Визначаються площі зовнішніх огорожень (за внутрішніми розмірами), м<sup>2</sup>

1.1 Північний фасад:

– світлопрозорі конструкції (вікна):

$$F_{в.пн} = (n_{вік.пн} \cdot \epsilon_{вік} \cdot H_{вік}) \cdot n_{пв}, \quad (1)$$

де  $n_{вік.пн}$  – кількість вікон на одному поверсі північного фасаду, шт;

$\epsilon_{вік}$  – ширина вікна, м;

$H_{вік}$  – висота вікна, м;

$n_{пв}$  – кількість поверхів будівлі, шт.

– непрозорі конструкції (стіни):

$$F_{ст.пн} = [(H_{п} \cdot n_{пв}) + (n_{пв} - 1) \cdot \delta_{пер}] \cdot b - F_{в.пн}, \quad (2)$$

де  $H_{п}$  – висота поверху, м;

$n_{пв}$  – кількість поверхів будівлі, шт.;

$\delta_{пер}$  – товщина перекриття між поверхами;

$b$  – ширина зовнішнього огороження (за внутрішніми розмірами), м.

1.2 Південний фасад:

– світлопрозорі конструкції (вікна):

$$F_{в.пд} = (n_{вік.пд} \cdot \epsilon_{вік} \cdot H_{вік}) \cdot n_{пв}, \quad (3)$$

де  $n_{вік.пд}$  – кількість вікон на одному поверсі південного фасаду, шт.

– непрозорі конструкції (стіни):

$$F_{ст.пд} = [(H_{п} \cdot n_{пв}) + (n_{пв} - 1) \cdot \delta_{пер}] \cdot b - F_{в.пд}, \quad (4)$$

1.3 Західний фасад:

– світлопрозорі конструкції (вікна):

$$F_{в.з} = (n_{вік.з} \cdot \epsilon_{вік} \cdot H_{вік}) \cdot n_{пв}, \quad (5)$$

де  $n_{вік.з}$  – кількість вікон на одному поверсі західного фасаду, шт.

– непрозорі конструкції (стіни):

$$F_{ст.з} = [(H_{п} \cdot n_{пв}) + (n_{пв} - 1) \cdot \delta_{пер}] \cdot a - F_{в.з}, \quad (6)$$

1.4 Східний фасад:

– світлопрозорі конструкції (вікна):

$$F_{в.с} = (n_{вік.с} \cdot \epsilon_{вік} \cdot H_{вік}) \cdot n_{пв}, \quad (7)$$

де  $n_{вік.с}$  – кількість вікон на одному поверсі східного фасаду, шт.

– вхідні двері:

$$F_{д.с} = \epsilon_{д} \cdot H_{д}, \quad (8)$$

де  $\epsilon_{д}$  – ширина дверей, м;

$H_{д}$  – висота дверей, м.

– непрозорі конструкції (стіни):

$$F_{ст.с} = [(H_{п} \cdot n_{пв}) + (n_{пв} - 1) \cdot \delta_{пер}] \cdot a - F_{в.с} - F_{д.с}. \quad (9)$$

1.5 Перекриттів горища та підвалу:

$$F_{\text{пк}} = F_{\text{ц}} = a \cdot b, \quad (10)$$

де  $a, b$  – розміри будівлі в плані, м.

1.6 Загальні площі огорожень:

– непрозорі конструкції (стіни):

$$F_{\text{нп}} = F_{\text{ст.пн}} + F_{\text{ст.пд}} + F_{\text{ст.з}} + F_{\text{ст.с}}; \quad (11)$$

– світлопрозорі конструкції (вікна):

$$F_{\text{сп}} = F_{\text{в.пн}} + F_{\text{в.пд}} + F_{\text{в.з}} + F_{\text{в.с}}; \quad (12)$$

– сумарна площа зовнішніх огорожень:

$$F_{\Sigma} = F_{\text{нп}} + F_{\text{сп}} + F_{\text{д}} + F_{\text{пк}} + F_{\text{ц}}. \quad (13)$$

2 Визначається опалюваний об'єм будинку (має місце для громадських будівель),  $\text{м}^3$  – беруть як добуток опалюваної площі поверху ( $F_{\text{пов}}, \text{м}^2$ ) на внутрішню висоту будинку ( $H_{\text{в}}, \text{м}^2$ ), що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху, тобто:

$$V_h = F_{\text{пов}} \cdot [(H_{\text{п}} \cdot n_{\text{пв}}) + (n_{\text{пв}} - 1) \cdot \delta_{\text{пер}}]. \quad (14)$$

Опалювана площа поверху громадської будівлі,  $\text{м}^2$ , визначається як добуток його внутрішніх розмірів ( $a \cdot b$ ) за вирахуванням площ неопалюваних коридорів ( $F_{\text{кор}}, \text{м}^2$ ), підсобних приміщень ( $F_{\text{підс}}, \text{м}^2$ ), сходових клітин ( $F_{\text{сх}}, \text{м}^2$ ), тобто:

$$F_{\text{пов}} = a \cdot b - F_{\text{кор}} - F_{\text{підс}} - F_{\text{сх}}. \quad (15)$$

Неопалювані площі поверхів,  $\text{м}^2$ , визначаються за наступними формулами:

$$F_{\text{кор}} = (a - 10) \times 2 + 0,5 \times b \times 2; \quad (16)$$

$$F_{\text{підс}} = 2 \times 0,2 \times b; \quad (17)$$

$$F_{\text{сх}} = 2 \times 0,1 \times a. \quad (18)$$

3 Визначається розрахункова площа громадського будинку,  $\text{м}^2$  – береться як сума площ усіх розташованих у ньому приміщень, за винятком коридорів, тамбурів, переходів, сходових кліток, ліфтових шахт, внутрішніх відкритих сходів, а також приміщень, призначених для розміщення інженерного обладнання та інженерних мереж, тобто:

$$F_{\text{фр}} = F_{\text{пов}} \cdot n_{\text{пв}}. \quad (19)$$

4 Визначається коефіцієнт скління фасадів будівлі:

$$m_{\text{ск}} = F_{\text{сп}} / (F_{\text{нп}} + F_{\text{д}} + F_{\text{сп}}). \quad (20)$$

5 Визначається показник компактності будівлі,  $\text{м}^{-1}$ :

$$\Lambda_{\text{к. буд}} = F_{\Sigma} / V_h. \quad (21)$$

## Практичне заняття 5–6 Теплотехнічні показники

**Мета:** визначення теплотехнічних показників будівлі.

**Загальні відомості.** Методика визначення теплотехнічних показників будівлі:

1 Згідно таблиці додатка А.1 для заданого населеного пункту визначаються середня температура опалювального періоду ( $t_{\text{ср.о}}$ , °С) та тривалість опалювального періоду ( $n_o$ , діб).

2 Визначається, до якої температурної зони належить заданий населений пункт (за кількістю градусо-діб опалювального періоду  $D_d$ ):

$$D_d = (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}})n_o. \quad (22)$$

де  $t_{\text{вн}}$  – розрахункова температура повітря у приміщеннях будівлі.

Якщо  $D_d > 3501$  градусо-діб, то населений пункт належить до І зони;

якщо  $D_d < 3500$  градусо-діб – до ІІ зони.

3 Згідно таблиць додатків А.2–А.4 визначаються термічні опори теплопередачі огорожень,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ :

– непрозорих конструкцій (зовнішніх стін) –  $R_{\text{нп}}$ ;

– світлопрозорих конструкцій (вікон) –  $R_{\text{сп}}$ ;

– перекриттів горища та підвалу –  $R_{\text{пк}} = R_{\text{ц}}$ .

Термічний опір теплопередачі входних дверей розраховується за наступною формулою:

$$R_d = \frac{1}{\alpha_3} + 2 \frac{\delta_{\text{дв}}}{\lambda_{\text{дв}}} + \left(\frac{\delta}{\lambda}\right)_{\text{пр}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}, \quad (23)$$

де  $\alpha_3$  і  $\alpha_{\text{вн}}$  – коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої і внутрішньої поверхонь дверей,  $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$  – дивись додаток А.5;

$\delta_{\text{дв}}$  – товщина дверей, м;  $\lambda_{\text{дв}}$  – теплопровідність матеріалу дверей,  $\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$  – визначається за літературними даними [2] для сосни  $\lambda_{\text{дв}} = 0,15 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$ ;

$(\delta / \lambda)_{\text{пр}}$  – термічний опір теплопровідності повітряного прошарка подвійних дверей,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$  – дивись додаток А.6 при середній температурі повітря в прошарку більше за 0 °С.

4 Визначаємо приведенний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку,  $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$ :

$$k_{\Sigma\text{пр}} = \xi [(F_{\text{нп}} / R_{\Sigma\text{пр.нп}}) + (F_{\text{сп}} / R_{\Sigma\text{пр.сп}}) + (F_d / R_{\Sigma\text{пр.д}}) + (F_{\text{пк}} / R_{\Sigma\text{пр.пк}})n_{\text{пк}} + (F_{\text{ц}} / R_{\Sigma\text{пр.ц}})n_{\text{ц}}] / F_{\Sigma}, \quad (24)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, пов'язані з орієнтацією огорож за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок (для громадських будівель беремо  $\xi = 1,1$ );

$F_{\text{нп}}, F_{\text{сп}}, F_{\text{д}}, F_{\text{пк}}, F_{\text{ц}}$  – площа відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон), зовнішніх дверей, горищних перекриттів, цокольних перекриттів,  $\text{м}^2$ ;

$R_{\Sigma\text{пр нп}}, R_{\Sigma\text{пр сп}}, R_{\Sigma\text{пр д}}, R_{\Sigma\text{пр пк}}, R_{\Sigma\text{пр ц}}$  – приведений опір теплопередачі відповідно стін (непрозорих конструкцій), світлопрозорих конструкцій (вікон), зовнішніх дверей, горищних і цокольних перекриттів,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$n_{\text{пк}}$  і  $n_{\text{ц}}$  – поправочні коефіцієнти на термічні опори горищних і цокольних перекриттів з урахуванням температур горища  $t_{\text{п}}$  і підвалу  $t_{\text{ц}}$ . Визначаються за формулами:

$$n_{\text{пк}} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{п}}) / (t_{\text{вн}} - t_3); \quad (25)$$

$$n_{\text{ц}} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{ц}}) / (t_{\text{вн}} - t_3), \quad (26)$$

де  $t_3$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$  (для I температурної зони беремо  $t_3 = -22^{\circ}\text{C}$ ; для II температурної зони беремо  $t_3 = -19^{\circ}\text{C}$ ).

5. Визначаємо умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ , що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції:

$$k_{\text{інф}} = 0,278 \cdot c \cdot n_{\text{об}} \cdot v_v \cdot V_h \cdot \rho_3 \cdot \eta / F_{\Sigma}, \quad (27)$$

де  $c$  – питома теплоємність повітря, беремо  $1 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot \text{К}$ ;

$n_{\text{об}}$  – середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період,  $\text{год}^{-1}$ , що для громадських будинків визначається за наведеною нижче методикою;

$v_v$  – коефіцієнт зниження об'єму повітря у будинку, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій (беремо  $v_v = 0,85$ );

$\rho_3$  – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\eta$  – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях (беремо  $0,7$  – для багатокамерних вікон;  $0,8$  – для двокамерних вікон у роздільних плетіннях;  $1,0$  – для двокамерних вікон у спарених плетіннях і одностулкових вікон).

Густина зовнішнього повітря:

$$\rho_3 = 353 / (273 + t_{\text{ср.о}}). \quad (28)$$

Середня кратність повітрообміну громадського будинку за опалювальний період,  $\text{год}^{-1}$ , визначається за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації за формулою:

$$n_{\text{об}} = \frac{\left[ \left( \frac{L_v n_v}{168} \right) + \left( \frac{P_{\text{інф}} \eta n_{\text{інф}}}{168 \rho_3} \right) \right]}{v_v V_h}, \quad (29)$$

де  $L_v$  – нормативне значення витрати припливного повітря під час роботи системи припливної механічної вентиляції, м<sup>3</sup>/год (беремо для будівель вищих навчальних закладів – 7);

$n_v$  – кількість годин роботи механічної вентиляції упродовж тижня, год;

168 – кількість годин у тижні;

$P_{\text{інф}}$  – витрата повітря, що інфільтрується в будівлю через огорожувальні конструкції в неробочий час, кг/год, визначаємо за співвідношенням  $P_{\text{інф}} = 0,5$ ;

$n_{\text{інф}}$  – кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом тижня, год [беремо (168 -  $n_v$ )].

6. Визначаємо загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівлі, Вт/м<sup>2</sup>·К:

$$K_{\text{буд}} = k_{\Sigma\text{пр}} + k_{\text{інф}}. \quad (30)$$

7. Визначаємо загальні теплові втрати через огорожувальну оболонку будівлі, кВт·год/рік:

$$Q_k = 24 \cdot K_{\text{буд}} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma} \cdot 10^{-3}. \quad (31)$$

8. Визначаємо теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год, для чотирьох фасадів будівлі, орієнтованих за чотирма напрямками сторін світу – північ (Пн), схід (С), південь (Пд), захід (З) за формулою:

$$Q_s = \zeta_v \cdot \varepsilon_v \cdot (F_{\text{Пн}} \cdot I_{\text{Пн}} + F_{\text{С}} \cdot I_{\text{С}} + F_{\text{Пд}} \cdot I_{\text{Пд}} + F_{\text{З}} \cdot I_{\text{З}}) \quad (32)$$

де  $\zeta_v$ ,  $\zeta_{\text{зл}}$  – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відносно вікон непрозорими елементами заповнення (дод. А.7);

$\varepsilon_v$ ,  $\varepsilon_{\text{зл}}$  – коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації для світлопрозорих заповнень вікон (дод. А.7);

$F_{\text{Пн}}$ ,  $F_{\text{С}}$ ,  $F_{\text{Пд}}$ ,  $F_{\text{З}}$  – площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма сторонами світу, м<sup>2</sup>;

$I_{\text{Пн}}$ ,  $I_{\text{С}}$ ,  $I_{\text{Пд}}$ ,  $I_{\text{З}}$  – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на вертикальну поверхню різної орієнтації за середніх умов хмарності, кВт·год/м<sup>2</sup> (дод. А.8, з переведенням з МДж/м<sup>2</sup> в кВт·год/м<sup>2</sup> шляхом ділення табличного значення на коефіцієнт 3,6).

9. Визначаємо побутові надходження теплоти протягом опалювального періоду, кВт·год, за формулою:

$$Q_{\text{вн п}} = n_p \cdot q_{\text{вн п}} \cdot z_o \cdot F_{f.p} \cdot 10^{-3}, \quad (33)$$

де  $n_p$  – тривалість робочих годин в будівлі за добу;

$q_{\text{вн п}}$  – величина побутових теплонадходжень на 1 м<sup>2</sup> розрахункової площі громадської будівлі, Вт/м<sup>2</sup>.

Тривалість робочих годин за добу:

$$n_p = (z_T / 168) = (15 \times 6) / 168, \quad (34)$$

де  $z_T$  – тривалість робочих годин в будівлі за тиждень.

Питома величина побутових теплонадходжень загалом враховується у залежності від кількості людей (90 Вт/людину), що знаходяться в будинку, освітленням (за встановленою потужністю) та офісної техніки. У зв'язку з відсутністю точних даних беремо наближено величину  $q_{вн п} = 10 \text{ Вт/м}^2$ .

10. Визначаємо розрахункові витрати теплової енергії на опалення за рік, кВт·год/рік, за формулою:

$$Q_{рік} = [Q_k - (Q_{вн п} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_h, \quad (35)$$

де  $v$  – коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати теплоту при періодичному тепловому режимі і визначається згідно ДБН В.2.5-24 (беремо  $v = 0,8$ );

$\zeta$  – коефіцієнт авторегулювання подавання теплоти в системах опалення (беремо цей коефіцієнт  $\zeta = 0,7$ );

$\beta_h$  – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системою опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів і додатковими тепловтратами через за радіаторні ділянки огорож, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення (беремо  $\beta_h = 1,13$ ).

11. Визначаємо розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт·год/м<sup>3</sup>, за формулою:

$$q_{буд} = Q_{рік} / V_h. \quad (36)$$

12. Згідно додатка А.9 визначаємо максимальну допустиму величину питомих витрат теплоти на опалення,  $E_{max}$ , кВт·год/м<sup>3</sup>.

13. Визначаємо різницю розрахункового значення питомих тепловитрат від максимально допустимого значення, %, за формулою:

$$\delta q_{буд} = [(q_{буд} - E_{max}) / E_{max}] \times 100. \quad (37)$$

14. Визначаємо клас енергетичної ефективності будівлі (дод. А.10).

### **Практичне заняття 7–8 Складання енергетичного сертифікату громадської будівлі**

**Мета:** скласти енергетичний сертифікат громадської будівлі.

**Загальні відомості.** Енергетичний сертифікат – електронний документ встановленої форми, в якому зазначено показники та клас енергетичної ефективності будівлі, наведено сформовані у встановленому законодавством порядку рекомендації щодо його підвищення, а також інші відомості щодо

будівлі, її відокремлених частин, енергетичну ефективність яких сертифіковано.

В енергетичному сертифікаті зазначається така інформація:

1) адреса (місцезнаходження) будівлі – область, район області, тип та назва населеного пункту, тип та назва елемента вулично-дорожньої мережі, номер будівлі (табл. 1). Для будівель, що проєктуються, зазначається їх місцезнаходження;

2) розрахункові параметри: внутрішнього повітря в будинку, зовнішнього повітря, температура теплого горища, температура техпідпілля, тривалість опалювального періоду, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, кількість градусо-днів опалювального періоду (табл. 2);

3) відомості про функціональне призначення та конструкцію будівлі - дані щодо геометричних параметрів будівлі та застосованих конструктивних рішень, визначені проектною документацією або за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі (табл. 3);

4) фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій - дані щодо геометричних та теплофізичних характеристик окремих огорожувальних конструкцій, визначені проектною документацією або за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі (табл. 4);

5) Теплотехнічні показники – приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій: стін, вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів, вхідних дверей тощо (табл. 5);

6) питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі – показник питомого енергоспоживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, визначений за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі (табл. 6).

Таблиця 1 – Загальна інформація

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

Таблиця 2 – Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця	Величина
1	2	3	4
Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_{в}$	°C	
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{з}$	°C	

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
Розрахункова температура теплого горища	$t_{вг}$	°С	
Розрахункова температура техпідпілля	$t_{ц}$	°С	
Тривалість опалювального періоду	$n_o$	діб	
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{ср.о}$	°С	
Розрахункова кількість градусо-діб опалювального періоду	$D_d$	°С·діб	

Таблиця 3 – Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку

Призначення	
Розміщення в забудові	
Типовий проект, індивідуальний	
Конструктивне рішення	

Таблиця 4 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Показники	Позначення і одиниця показника	Нормативне значення показника	Розрахункове значення показника	Фактичне значення показника
1	2	3	4	5
Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку	$F_{\Sigma}, \text{м}^2$	—		
У тому числі:	$F_{нп}, \text{м}^2$	—		
– стін	$F_{спв}, \text{м}^2$	—		
– вікон і балконних дверей	$F_{спвт}, \text{м}^2$	—		
– вітражів	$F_{спл}, \text{м}^2$	—		
– ліхтарів	$F_{пк}, \text{м}^2$	—		
– покриттів (суміщених)				
– горищних перекриттів (холодного горища)	$F_{пкхг}, \text{м}^2$	—		
– перекриттів теплих горищ	$F_{пктг}, \text{м}^2$	—		
– перекриттів над техпідпіллями	$F_{ц1}, \text{м}^2$	—		
– перекриттів над неопалюваними підвалами і підпіллями	$F_{ц2}, \text{м}^2$	—		
– перекриттів над проїздами і під еркерами	$F_{ц3}, \text{м}^2$	—		
Площа опалюваних приміщень	$F_{пк}, \text{м}^2$	—		
Корисна площа (для громадських будинків)	$F_{пк}, \text{м}^2$	—		



Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5
Корисна площа (для громадських будинків)	$F_{пк}, \text{м}^2$	–		
Площа житлових приміщень і кухонь	$F_{пк}, \text{м}^2$	–		
Розрахункова площа (для громадських будинків)	$F_{пк}, \text{м}^2$	–		
Опалюваний об'єм	$V_h, \text{м}^3$	–		
Коефіцієнт скління фасадів будинку	$m_{ск}$	–		
Показник компактності будинку	$\Lambda_{к. буд}, \text{м}^{-1}$	–		

Таблиця 5 – Теплотехнічні показники

Показники	Позначення і одиниця показника	Нормативне значення показника	Розрахункове значення показника	Фактичне значення показника
1	2	3	4	5
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій:	$R_{\Sigma пр}, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$			
– стін	$R_{\Sigma пр нп}$			
– вікон і балконних дверей	$R_{\Sigma пр сп в}$			
– вітражів	$R_{\Sigma пр сп вт}$			
– ліхтарів	$R_{\Sigma пр сп л}$			
– входних дверей, воріт	$R_{\Sigma пр д}$			
– покриттів (суміщених)	$R_{\Sigma пр пк}$			
– орищних перекриттів (холодних орищ)	$R_{\Sigma пр г}$			
– перекриттів теплих орищ (включаючи покриття)	$R_{\Sigma пр тг}$			
– перекриттів над техпідпіллями	$R_{\Sigma пр ц1}$			
– перекриттів над неопалюваними підвалами або підпіллями	$R_{\Sigma пр ц2}$			
– перекриттів над проїздами й під еркерами	$R_{\Sigma пр ц3}$			
– підлоги по ґрунту.	$R_{\Sigma пр ц}$			

Таблиця 6 – Енергетичні показники

Показники	Позначення і одиниця показника	Нормативне значення показника	Розрахункове значення показника	Фактичне значення показника
1	2	3	4	5
Розрахункові питомі тепловитрати	$q_{буд}, \text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$			

### Продовження таблиці 6

1	2	3	4	5
Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку	$E_{\max}$ , кВт·год/м <sup>2</sup>			
Клас енергетичної ефективності				
Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів				
Відповідність проекту будинку нормативним вимогам				
Необхідність доопрацювання проекту				

### Практичне заняття 9 Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будинку

**Мета:** Складання рекомендації щодо енергозбереження будівлі

**Загальні відомості.** Методика визначення теплотехнічних показників будівлі:

Рекомендації щодо енергозбереження складаються за вартістю заходів:

1) безвитратні заходи: закупівля палива з більш дешевого джерела; ощадливе використання наявних ресурсів, зокрема корекція заданої температури та графіків у системі автоматичного контролю за вимкненням освітлення та зачиненням дверей;

2) низьковитратні заходи: навчання персоналу або поліпшення процедур експлуатації та обслуговування; контроль та оперативне планування; модернізація або доповнення системи автоматичного контролю;

3) високовитратні заходи: заміна або модернізація більшості енергетичних установок та інженерних систем; встановлення комплексних систем керування; утилізація теплової енергії; утеплення огорожувальних конструкцій; впровадження джерел відновлюваної енергії або встановлення когенераційних чи тригенераційних установок.

Опис рекомендацій з енергозбереження здійснюється відповідно до таких характеристик:

1) стислий опис існуючої ситуації: опис наявних проблем, які будуть розв'язані після виконання запропонованого заходу;

2) опис заходів: технічні параметри та опис запропонованих заходів (характеристика нового обладнання/матеріалів, основні та додаткові роботи, що необхідно виконати);

3) очікувана економія енергії та витрат на оплату житлово-комунальних послуг, підвищення ефективності використання енергії;

4) фінансові витрати: проектування та планування; матеріали, обладнання та монтаж, витрати на техобслуговування; аналіз ефективності витрат.

Усі заходи з енергозбереження розглядаються в комплексі та встановлюється їх вплив один на одного.

Більш детальні відомості, зазначені в енергетичному сертифікаті, включаючи інформацію про економічну ефективність викладених у ньому рекомендацій щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель та/або їх відокремлених частин, включаються до рекомендацій. Рекомендації містять інформацію про економічну ефективність викладених у них рекомендацій щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності та інші відомості згідно з умовами договору сертифікації енергетичної ефективності (табл. 7).

Наприкінці енергетичного сертифікату додається загальна інформація про виконавця робіт (табл. 8).

Таблиця 7 – Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку

Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку	
Рекомендовано:	
–	
–	

Таблиця 8 – Загальна інформація про виконавця

Паспорт заповнений:	
Організація	
Адреса і телефон	
Відповідальний виконавець	

## 2 РОЗРАХУНКОВО-ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ

**Мета розрахунково-графічного завдання** закріплення теоретичних знань з дисципліни «Енергореновація цивільних будівель», вибір оптимальної програми енергореновації цивільної будівлі та розробка об'ємно-планувальних і конструктивних рішень реконструкції будівлі за новою програмою.

Згідно з навчальним планом з дисципліни передбачено виконання розрахункової роботи, в якій за відповідними індивідуальними завданнями студентам пропонується визначити показники енергетичної ефективності громадської будівлі, а саме – загальний і приведений коефіцієнти теплопередачі теплоізоляційної оболонки, умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій, середню кратність повітрообміну за опалювальний період, питомі теплові витрати на опалення будинку за опалювальний період та клас енергетичної ефективності будівлі.

За результатами проведених розрахунків студенти складають енергетичний сертифікат будівлі і пропонують заходи з покращення її енергетичної ефективності.

**Завдання на розрахункову роботу.** Визначити показники енергетичної ефективності триповерхової громадської будівлі ( $n_{\text{пв}} = 3$ ), яка відноситься до груп будинків та споруд навчальних закладів:

- загальний і приведений коефіцієнти теплопередачі теплоізоляційної оболонки та умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій;
- середню кратність повітрообміну за опалювальний період;
- питомі теплові витрати на опалення будинку за опалювальний період;
- клас енергетичної ефективності будівлі.

За результатами розрахунків скласти енергетичний сертифікат будівлі і запропонувати, при необхідності, заходи з покращення її енергетичної ефективності.

План будівлі наведений на рисунку 1.

Варіант завдання – згідно останніх двох цифр залікової книжки

Населений пункт – задає викладач разом з номером варіанта.

Внутрішні розміри будівлі, конструктивні розміри стін, вікон, перекриттів для індивідуальних варіантів наведені в таблиці 9 (ширина всіх вікон однакова і дорівнює  $b_{\text{вік}} = 2$  м).

### Загальні вихідні дані

1. Розрахункова температура повітря у приміщеннях будівлі  $t_{\text{вн}} = 20$  °С.
2. Товщина перекриття між поверхами  $\delta_{\text{пер}} = 0,350$  м.
3. У будівлі є підвал, розрахункова температура повітря в якому в опалювальний період дорівнює  $t_{\text{ц}} = 12$  °С, а термічний опір теплопередачі цокольного перекриття взяти таким же, як і для перекриття горища.

4. Розрахункова температура повітря горища  $t_{п} = 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

5. З боку східного фасаду на першому поверсі розташовані входні подвійні дерев'яні двері з тамбуром, ширина якого 300 мм. Матеріал дверей – сосна. Розміри дверей: товщина –  $\delta_{д} = 40 \text{ мм}$ , ширина –  $e_{д} = 1,2 \text{ м}$ , висота –  $H_{д} = 2,3 \text{ м}$ .

6. Тривалість робочого тижня будівлі – 6 днів по 15 годин кожний.

7. В будівлі влаштована система водяного опалення, регулювання витрати теплоти на опалення – центральне в тепловому пункті.

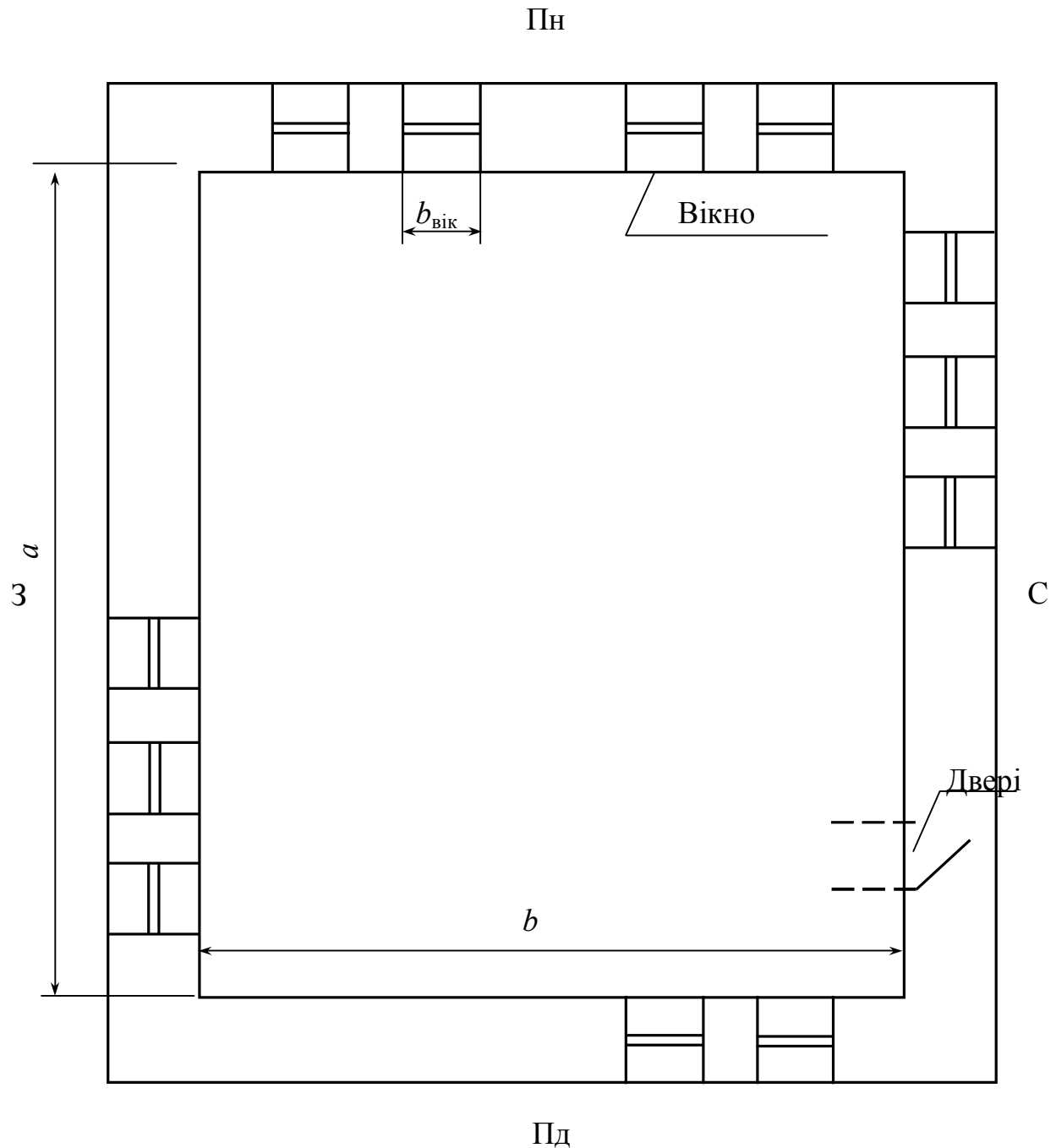


Рисунок 1 – План будівлі

Таблиця 9 – Індивідуальні вихідні дані

Варіант	Розміри будівлі в плані, м		Висота поверху $H_{п, м}$	Характеристика стін; товщина $\delta_1$ , мм	Кількість вікон на фасадах, $n_{вік}$				Висота вікна $H_{вік, м}$	Характеристика застосування	Характеристика перекриття; товщина $\delta_2$ , мм; утеплювач; товщина $\delta$ , мм;
	a	b			Пн	Пд	З	С			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	60	30	3,6	Цегляно-бетонна; $\delta_1 = 525$	5	5	10	8	1,8	Подвійне в дерев'яних окремих рамах	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 200$
2	45	18	4	Цегляна на важкому розчині; $\delta_1 = 265$	3	2	7	5	2,1	Подвійне в металевих сполучених рамах	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 100$
3	50	20	5,5	Цегляна на легкому розчині; $\delta_1 = 525$	4	3	8	6	2,3	Одинарне в дерев'яних рамах	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$ ; утеплювач – трепел, $\delta = 150$
4	55	28	4,8	Одношарова з безавтоклавного золопінобетону; $\delta_1 = 320$	2	2	6	3	1,9	Подвійне в металевих окремих рамах	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 100$
5	40	22	4,1	Цегляна з повітряним прошарком, на важкому розчині; $\delta_1 = 565$	3	2	5	4	1,5	Одинарне в дерев'яних рамах	Залізобетонний двопустотний збірний настил; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – пінобетон, $\delta = 120$
6	38	15	3,8	Великі шлакобетонні блоки; $\delta_1 = 300$	2	3	4	3	2,2	Подвійне в металевих окремих рамах	Залізобетонний двопустотний збірний на-стил $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – пінобетон, $\delta = 120$
7	58	28	3,9	Цегляно-бетонна; $\delta_1 = 395$	4	2	6	4	1,7	Подвійне в дерев'яних сполучених рамах	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 200$

Продовження таблиці 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	42	24	4,2	Цегляна на важкому розчині; $\delta_1 = 395$	3	3	7	4	2,0	Подвійна вітрина в металевих окремих рамах	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 200$
9	53	21	3,7	Великі шлакобетонні блоки; $\delta_1 = 400$	2	2	8	6	1,9	Блоки скляні пустотілі розмірами 244x244x98 мм з шириною швів 6 мм	Двопустотний збірний настил; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – пінобетон, $\delta = 40$
10	47	25	4,3	Цегляна на легкому розчині; $\delta_1 = 655$	3	2	6	6	1,6	Двошарові склопакети в металевих рамах	Двопустотний збірний настил; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – піносілікат, $\delta = 80$
11	59	27	4,6	Цегляно-бетонна; $\delta_1 = 525$	5	5	9	7	2	Подвійне в дерев'яних окремих рамах	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 200$
12	40	20	3,7	Цегляна на важкому розчині; $\delta_1 = 265$	3	2	6	4	1,9	Подвійне в металевих сполучених рамах	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 100$
13	37	19	3,6	Цегляна на легкому розчині; $\delta_1 = 525$	3	3	5	3	1,8	Одинарне в дерев'яних рамах	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$ ; утеплювач – трепел, $\delta = 150$
14	45	21	3,8	Одношарова з безавтоклавного золопінобетону; $\delta_1 = 320$	2	3	4	5	1,9	Подвійне в металевих окремих рамах	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 100$
15	57	29	4	Цегляна з повітряним прошарком, на важкому розчині; $\delta_1 = 565$	3	2	8	7	1,7	Одинарне в дерев'яних рамах	Залізобетонний двопустотний збірний настил; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – пінобетон, $\delta = 120$

Закінчення таблиці 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	48	25	3,7	З сілікатної цегли на важкому розчині; $\delta_1 = 265$	3	4	5	5	2,2	Одинарне в металевих рамах	Залізобетонний двопустотний збірний на-стил; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – пінобетон, $\delta = 120$
17	50	20	3,8	З сілікатної цегли на важкому розчині; $\delta_1 = 395$	4	2	8	4	1,9	Подвійне в дерев'яних сполучених рамах	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 200$
18	40	22	3,9	З сілікатної цегли на важкому розчині; $\delta_1 = 525$	2	3	6	3	2,0	Подвійна вітрина в металевих окремих рамах	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 200$
19	47	19	4	З діркової цегли на важкому розчині; $\delta_1 = 395$	3	3	7	5	1,8	Блоки скляні пустотілі розмірами 244x244x98 мм з шириною швів 6 мм	Двопустотний збірний настил; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач– пінобетон, $\delta = 40$
20	55	28	4,15	З діркової цегли на важкому розчині; $\delta_1 = 525$	3	2	6	6	1,65	Двошарові склопакети в металевих рамах	Двопустотний збірний настил; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач– піносілікат, $\delta = 80$
21	59	19	4,2	Цегляна на важкому розчині; $\delta_1 = 265$	3	3	9	7	1,85	Подвійне в дерев'яних окремих рамах	Збірні з/б панелі; $\delta_2 = 160$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 200$
22	55	22	4,5	Цегляно-бетонна; $\delta_1 = 525$	4	2	7	7	2,15	Подвійне в металевих сполучених рамах	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$ ; утеплювач – шлак, $\delta = 100$
23	48	24	5,1	Цегляна на легкому розчині; $\delta_1 = 525$	3	4	8	6	2,25	Одинарне в дерев'яних рамах	Залізобетонне; $\delta_2 = 50$ ; утеплювач – трепел, $\delta = 150$



### 3 САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

Самостійна робота складається з роботи над підручниками, навчальними посібниками, монографіями та конспектами лекцій по темах курсу, передбачених робочою програмою та супроводжується консультаціями викладачів по теоретичним і практичним питанням.

Теми і кількість годин для самостійної роботи наведено у таблиці 10.

Таблиця 10 – Теми та кількість годин практичних занять

Назва теми	Кількість годин
1 Містобудівний потенціал сельбищних територій	6
2 Загальні положення енергorenovaції міської забудови	8
3 Споживання енергії	7
4 Використання нетрадиційних джерел енергії у цивільному будівництві	6
5 Закордонний та вітчизняний досвід енергorenovaції будівель	4
6 Особливості розробки генерального плану об'єкта з коригуванням містобудівного оточення	8
7 Об'ємно-планувальні рішення реконструкції будівель з точки зору енергorenovaції будівель	8
8 Підходи до формування вартості енергетичного аудиту	6
9 Сучасний стан енергетичного менеджменту та перспективи в Україні	6
10 Аналіз існуючих проектів реконструкції будівель після енергorenovaції	4
11 Індивідуальне завдання	18
<b>Разом</b>	<b>81</b>

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ-Н Б А.2.2.2-5:2007. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції. – Чинний від 2008-07-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 43 с.
2. ДБН В. 2.6. – 31:2006 зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. – 70 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів від пожежі. Будівельна кліматологія. – Чинний від 2011-11-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
4. Боженко М. Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти : навч. посібник / М. Ф. Боженко, В. П. Сало. – Київ : ІВЦ Політехніка, 2004. – 192 с.
5. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент : навч. посібник / Ю. І. Бакалін. – 3-тє вид., доп. та переробл. – Харків : Бурун і К, 2006. – 320 с.
6. Дмитриев А. Н. Управление энергосберегающими инновациями в строительстве зданий : учеб. пособие / А. Н. Дмитриев. – М. : АСВ, 2001. – 320 с.
7. Альтернативная энергетика и энергосбережение: современное состояние и перспективы : учеб. пособие / П. А. Капустенко, А. К. Кузин, Е. Л. Макаровский та ін. – Харьков : Вокруг цвета, 2004. – 312 с.
8. Комков В. А. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве : учеб. пособие / В. А. Комков, Н. С. Тимахова. – М. : Инфра-М, 2012. – 320 с.
9. Королева Т. И. Экономическое обоснование оптимизации теплового режима здания : учеб. пособие / Т. И. Королева. – М. : АСВ, 2001. – 144 с.
10. Краснянский М. Е. Энергосбережение : учеб. пособие / М. Е. Краснянский. – 2-е изд., испр. и доп. – Харьков : Бурун и К, 2015. – 176 с.
11. Маляренко В. А. Основы теплофизики зданий и энергосбережения : учебник / В. А. Маляренко. – Харьков : ХНАГХ, 2006. – 499 с.
12. Маляренко В. А. Энергосбережение и энергетический аудит : учеб. пособие / В. А. Маляренко, И. А. Немировский; ХНАГХ. – Харьков. : ХНАГХ, 2008. – 253 с.
13. Мных Е. В. Анализ эффективности использования топливно-энергетических ресурсов / Мных Е. В. – Львов : Свит, 1991. – 170 с.
14. Самойлов М. В. Основы энергосбережения : учеб. пособие / М. В. Самойлов, В. В. Паневчик, А. Н. Ковалев. – 3-е изд., стереотип. – Минск: БГЭУ, 2004. – 198 с.
15. Тепловая изоляция. Справочник строителя / под ред. Г. Ф. Кузнецова. – М. : Стройиздат, 1985. – 421 с.
16. Харсун Н. С. Застосування енергозберігаючих технологій в будівництві : реферативний огляд / Уклад. Н. С. Харсун; Укр. ін-т наук.-техн. і екон. інф. – Київ : УкрІНТЕІ, 2007. – 40 с.

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Параметри зовнішнього повітря деяких міст України [3]

Місто	Град. пн. ш.	Холодний період року											Теплий період року				
		Температура, °С					Період із середньодобовою температурою						Температура, °С		Вологість		
		Середня найхолоднішого місяця ( $t_{\text{ср.х.м}}$ )		Найхолоднішої доби забезпеченістю		Найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю		$\leq 8\text{ °С}$		$\leq 10\text{ °С}$				Найжаркішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99 ( $t_{\text{р.в.т}}$ )	Найжаркішої доби забезпеченістю 0,95 ( $t_{\text{р.вл.т}}$ )	Розрахункова відносна вологість повітря (в липні), %	Розрахункова швидкість вітру (в липні), м/с
				0,98	0,92	0,98	0,92 ( $t_{\text{р.о}}$ )	Тривалість, діб ( $n_o$ )	Середня температура, °С ( $t_{\text{ср.о}}$ )	Тривалість, діб	Середня температура, °С						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Вінниця	49°19'	-5,1	-29	-26	-25	-21	182	-0,2	202	0,6	85	3,9	23	27	73	3,0	
Дніпропетровськ	48°22'	-4,7	-29	-27	-26	-24	172	-0,2	188	0,6	86	5,2	26	30	64	3,8	
Донецьк	48°04'	-5,2	-29	-27	-24	-22	176	-0,5	192	0,3	86	5,3	26	30	63	3,5	
Житомир	50°17'	-5,1	-29	-25	-24	-22	184	-0,2	203	0,5	85	4,5	23	27	74	3,1	
Запоріжжя	47°48'	-3,5	-27	-24	-23	-21	166	0,6	182	1,4	85	2,7	26	30	63	1,7	
Івано-Франківськ	48°54'	-4,3	-26	-24	-22	-20	179	0,4	200	1,2	83	2,9	22	27	75	2,6	
Київ	50°24'	-4,7	-29	-26	-25	-22	176	-0,1	195	0,7	83	2,8	23	28	69	2,1	

## Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Кіровоград	48°30'	-4,9	-30	-26	-25	-22	175	-0,3	192	0,5	86	4,3	25	29	66	3,4
Луганськ	48°34'	-5,0	-32	-29	-27	-25	172	-0,4	188	0,4	82	3,0	26	30	63	1,9
Луцьк	50°45'	-4,2	-27	-24	-22	-20	180	0,3	201	1,1	86	4,2	23	27	74	2,9
Львів	49°49'	-4,0	-25	-24	-20	-19	179	0,4	201	1,2	84	4,0	23	27	75	2,8
Миколаїв	46°58'	-2,6	-26	-23	-22	-20	161	1,1	178	2,0	84	4,0	25	30	61	3,3
Одеса	46°26'	-1,3	-24	-21	-20	-18	158	2,0	178	3,0	82	4,1	25	29	67	2,9
Полтава	49°36'	-5,6	-30	-27	-25	-23	178	-0,8	195	0,0	85	4,1	25	29	66	2,8
Рівне	50°35'	-4,6	-27	-25	-22	-21	182	0,1	202	0,6	86	4,5	23	27	75	3,3
Сімферополь	44°57'	-0,3	-22	-20	-18	-15	154	2,6	175	3,5	84	5,0	25	28	63	4,0
Суми	50°53'	-6,6	-30	-29	-27	-25	187	-0,4	204	-0,6	86	4,4	24	28	72	3,1
Тернопіль	49°33'	-5,0	-26	-24	-22	-20	184	-0,2	205	0,6	85	4,2	22	26	74	2,9
Ужгород	48°38'	-2,4	-25	-23	-21	-18	154	1,4	175	2,5	82	2,2	27	30	67	2,3
Харків	49°56'	-5,9	-31	-28	-26	-23	179	-1,0	196	-0,2	84	4,4	25	29	66	3,3
Херсон	46°38'	-2,5	-27	-23	-23	-19	163	1,3	181	2,2	85	3,9	26	30	62	2,9
Хмельницький	49°26'	-4,9	-26	-25	-22	-21	183	-0,1	203	0,7	86	4,4	22	27	75	3,1
Феодосія	45°02'	1,2	-22	-19	-17	-15	142	3,6	163	4,3	82	4,1	26	30	65	3,1
Черкаси	49°26'	-5,0	-29	-26	-24	-21	178	-0,3	195	0,5	84	4,3	24	28	70	3,0
Чернівці	48°16'	-4,1	-26	-24	-22	-20	175	0,5	196	1,4	83	3,8	24	27	72	3,2
Чернігів	51°24'	-5,9	-31	-28	-27	-23	187	-0,9	204	-0,2	85	4,2	23	27	72	3,2
Ялта	44°24'	4,1	-10	-8	-7	-6	126	5,3	152	6,1	64	2,5	26	31	60	2,1

Таблиця А.2 – Коефіцієнти теплопередачі ( $K_{ст}$ ) для зовнішніх стін з внутрішньою штукатуркою [4]

Конструкція стіни	Товщина $\delta_1$ , мм	$K_{ст}$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К
Цегляна на важкому розчині ( $\rho = 1800$ кг/м <sup>3</sup> )	265	2,05
	395	1,54
	525	1,23
Цегляна на легкому розчині ( $\rho = 1700$ кг/м <sup>3</sup> )	395	1,47
	525	1,17
	655	0,98
Цегляна з повітряним прошарком ( $\delta_{п} = 50$ мм) на важкому розчині	435	1,35
	565	1,07
Цегляна з повітряним прошарком ( $\delta_{п} = 50$ мм) на легкому розчині	435	1,24
	565	1,02
З великих шлакобетонних блоків	300	1,08
	400	0,85
	500	0,71
Двошарова з монолітною залізобетонною оболонкою	-	0,91
Одношарова з безавтоклавною залізобетонною оболонкою	-	0,93
Цегляно-бетонна	395	1,48
	525	1,16
	655	0,94
З силікатної цегли на важкому розчині	265	2,16
	395	1,64
	525	1,33
З діркової цегли на важкому розчині	395	1,30
	525	1,04
	655	0,83

Таблиця А.3 – Коефіцієнти теплопередачі ( $K_p$ ) для перекриттів [4]

Тип перекриття, утеплювача	Товщина утеплювача $\delta$ , мм	$K_p$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К
Перекриття з горищами		
Залізобетонне, утеплювач-шлак	100	1,69
	150	1,30
	200	1,07
Залізобетонне, утеплювач-трепел	100	1,21
	150	0,90
	200	0,72
Збірні залізобетонні панелі, утеплювач-шлак	100	1,24
	150	1,05
	200	0,88
Збірні залізобетонні панелі, утеплювач трепел	100	0,98
	150	0,80
	200	0,63
Покриття без горищ		
Залізобетонний двухпустотний збірний настил, утеплювач-пінобетон або піносілікат	40	1,59
	60	1,36
	80	1,17
	100	1,04
	120	0,92
	140	0,84
	160	0,76
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами		
Паркетна підлога по залізобетонному перекриттю, утеплювач – шлак	100	1,20
	150	1,07
	200	0,90
	250	0,78
Паркетна підлога по залізобетонному перекриттю, утеплювач – трепел	100	1,00
	150	0,78
	200	0,64
	250	0,53

Таблиця А.4 – Опір теплопередачі ( $R_0$ ) та коефіцієнти теплопередачі ( $K_{от}$ ) заповнень світлових отворів

Заповнення світлового отвору	$R_0$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт	$K_{от}$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К
Одинарне засклення в дерев'яних рамах	0,17	5,88
Те ж саме в металевих	0,15	6,67
Подвійне засклення в дерев'яних сполучених рамах	0,34	2,94
Те ж саме в металевих	0,31	3,23
Подвійне засклення в дерев'яних відокремлених рамах	0,38	2,63
Те ж саме в металевих	0,34	2,94
Подвійне засклення вітрин в металевих відокремлених рамах	0,31	3,23
Потрійне засклення в дерев'яних рамах( сполучена та одинарна)	0,52	1,92
Те ж саме в металевих	0,48	2,08
Блоки скляні пустотілі розмірами 194×194×98мм з шириною швів 6 мм	0,31	3,23
Те ж саме розмірами 244×244×98мм з шириною швів 6 мм	0,33	3,03
Органічне скло одинарне	0,19	5,26
Те ж саме подвійне	0,36	2,78
Те ж саме потрійне	0,52	1,92
Двошарові склопакети в дерев'яних рамах	0,34	2,94
Те ж саме в металевих	0,31	3,23
Двошарові склопакети та одинарне засклення в відокремлених дерев'яних рамах	0,52	1,92
Те ж саме в металевих	0,48	2,08

Таблиця А.5 – Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої  $\alpha_{вн}$  та зовнішньої  $\alpha_3$  поверхонь огорожувальних конструкцій

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

Таблиця А.6 – Термічний опір замкнутого повітряного прошарку, м<sup>2</sup>·К/Вт, залежно від розміщення в конструкції

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



Таблиця А.7 – Значення коефіцієнтів затінення світлового прорізу  $\zeta_{\text{в}}$  і  $\zeta_{\text{з л}}$  та відносного проникання сонячної радіації  $\epsilon_{\text{в}}$  і  $\epsilon_{\text{з л}}$  відповідно вікон і зенітних ліхтарів

Заповнення світлового прорізу	Коефіцієнти			
	при дерев'яних або ПВХ плетіннях		при алюмінієвих плетіннях	
	$\zeta_{\text{в}}$ і $\zeta_{\text{з л}}$	$\epsilon_{\text{в}}$ і $\epsilon_{\text{з л}}$	$\zeta_{\text{в}}$ і $\zeta_{\text{з л}}$	$\epsilon_{\text{в}}$ і $\epsilon_{\text{з л}}$
Подвійне скління з 4М <sub>1</sub> скла в спарених плетіннях	0,75	0,62	0,70	0,62
Подвійне скління із селективним покриттям на внутрішньому склі в спарених плетіннях	0,75	0,65	0,70	0,65
Подвійне скління з 4М <sub>1</sub> скла в роздільних плетіннях	0,65	0,62	0,60	0,62
Подвійне скління із селективним покриттям на внутрішньому склі в роздільних плетіннях	0,65	0,60	0,60	0,60
Потрійне скління з 4М <sub>1</sub> скла в окремо спарених плетіннях	0,50	0,70	0,50	0,70
Потрійне скління із селективним покриттям в окремо спарених плетіннях	0,50	0,67	0,50	0,67
Однокамерні склопакети в одинарних плетіннях із:				
– 4М <sub>1</sub> скла	0,80	0,76	0,80	0,76
– 4К скла	0,80	0,75	0,80	0,75
– 4 <sub>i</sub> скла.	0,80	0,54	0,80	0,54
Двокамерні склопакети в одинарних плетіннях із:				
– 4М <sub>1</sub> скла	0,80	0,74	0,80	0,74
– 4К скла	0,80	0,68	0,80	0,68
– 4 <sub>i</sub> скла.	0,80	0,48	0,80	0,48
Одинарне скління з 4М <sub>1</sub> скла й однокамерні склопакети у роздільних плетіннях із:				
- 4М <sub>1</sub> скла	0,60	0,63	0,60	0,63
- 4К скла	0,60	0,58	0,60	0,58
- 4 <sub>i</sub> скла	0,60	0,51	0,60	0,58
Одинарне скління з 4М <sub>1</sub> скла й двокамерні склопакети у роздільних плетіннях із:				
– 4М <sub>1</sub> скла	0,60	0,60	0,60	0,60
– 4К скла	0,60	0,56	0,58	0,56
– 4 <sub>i</sub> скла.	0,60	0,36	0,58	0,56
Подвійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,90	0,90	0,90	0,90
Потрійне скління з органічного скла для зенітних ліхтарів	0,90	0,83	0,90	0,83

Таблиця А.8 – Доза сумарної сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на вертикальну та горизонтальну поверхні різної орієнтації за середніх умов хмарності

Місто	Сумарна сонячна радіація за опалювальний період, МДж/м <sup>2</sup>								
	орієнтація								
	вертикальна								гори- зон- тальна
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
Вінниця	310	354	523	788	942	808	538	355	933
Дніпропетровськ	275	318	496	782	952	809	521	321	899
Донецьк	278	324	507	800	968	825	524	326	926
Житомир	308	352	514	762	898	761	510	352	909
Запоріжжя	260	308	468	745	907	774	491	305	867
Івано-Франківськ	297	338	491	732	879	750	526	339	891
Київ	299	338	500	764	916	782	516	339	864
Кіровоград	299	344	525	816	987	816	544	344	946
Луганськ	260	303	484	769	959	795	501	305	861
Луцьк	284	321	467	696	822	708	482	322	836
Львів	303	341	491	719	860	736	501	341	869
Миколаїв	255	294	454	727	932	752	477	295	862
Одеса	248	296	454	725	881	743	480	295	876
Полтава	288	336	520	808	990	838	538	336	922
Рівне	295	337	485	716	844	730	498	337	860
Сімферополь	262	300	455	731	895	746	480	301	883
Суми	302	356	552	855	1021	870	564	355	945
Тернопіль	310	353	512	755	897	771	524	353	912
Ужгород	225	254	380	603	739	629	405	255	704
Харків	288	336	527	936	997	842	540	337	908
Херсон	264	309	469	745	911	765	496	307	899
Хмельницький	307	352	514	763	908	787	521	352	914
Черкаси	299	344	518	797	963	816	535	344	924
Чернівці	294	332	484	721	861	745	499	333	878
Чернігів	305	352	517	781	921	796	524	352	903

Таблиця А.9 – Нормативні максимальні теплові витрати житлових і громадських будинків ( $E_{\max}$ )

Номер поз.	Призначення будівлі	Значення $E_{\max}$ , кВт·год/м <sup>2</sup> , для температурної зони України	
		I	II
1	Житлові будинки поверховістю:		
	1	$600 \times F_h^{-1/4}$	$500 \times F_h^{-1/4}$
	від 2 до 3	$470 \times F_h^{-1/4}$	$400 \times F_h^{-1/4}$
	від 4 до 9	55	48
	від 10 до 16	48	42
	від 17 до 24	43	38
	25 і більше	40	35
2	Громадські будівлі та споруди окрім груп будівель за позиціями 3-6 поверховістю:		
	від 1 до 3	$[230 \times V_h^{-1/3}]$	$[200 \times V_h^{-1/3}]$
	від 4 до 9	[15]	[13]
	від 10 до 16	[14]	[12]
	від 17 до 24	[13]	[11]
	25 і більше	[12]	[11]
3	Будинки та споруди навчальних закладів	[31]	[28]
4	Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів	[36]	[33]
5	Заклади охорони здоров'я	[47]	[42]
6	Підприємства торгівлі	[15]	[12]
7	Готелі	51	44
Примітка: $F_h$ – опалювана площа житлового будинку, м <sup>2</sup> ; $V_h$ – опалюваний об'єм громадського будинку або споруди, м <sup>3</sup> .			

Таблиця А.10 – Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Клас енергетичної ефективності будинку	Різниця питомих тепловитрат $\delta q_{\text{буд}}$ , %
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до плюс 5
D	Від плюс 5 до плюс 25
E	Від плюс 26 до плюс 75
F	Плюс 76 та більше

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
для організації самостійної роботи, проведення практичних занять  
і виконання розрахунково-графічних робіт  
із навчальної дисципліни

## **«ЕНЕРГОРЕНОВАЦІЯ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ»**

*(для студентів I курсу денної і заочної форм навчання  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
магістерської освітньої програми «Міське будівництво та господарство»)*

Укладачі: **ШИШКІН** Едуард Анатолійович,  
**ГАЙКО** Юрій Іванович

Відповідальний за випуск *О. С. Безлюбченко*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *Е. А. Шишкін*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2019, поз. 47М

---

Підп. до друку 01.10.2019. Формат 60 × 84/16.  
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,5.  
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.