

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

ЗБІРНИК ЗАДАЧ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою
«Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»
спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
та
за освітньою програмою
«Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем» спеціальності 144 «Теплоенергетика»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2021

Енергозбереження будівель та споруд: Збірник задач [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Дешко В.І., М.М. Шовкалюк, І.Ю. Білоус. – Електронні текстові дані (1 файл: 15,18 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 83 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол №6 від 25.02.2021 р.)
за поданням Вченої ради Інституту енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол №8 від 25.01.2021 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

ЗБІРНИК ЗАДАЧ

Укладачі: *Дешко Валерій Іванович, д-р техн. наук, проф.*
Шовкалюк Марина Михайлівна, канд. техн. наук, доц.
Білоус Інна Юріївна, канд. техн. наук

Відповідальний

редактор *Буяк Надія Андріївна, канд. техн. наук*

Рецензент *Розен Віктор Петрович, д-р техн. наук, проф., професор
кафедри АУЕК ІЕЕ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”*

Дане видання включає приклади вирішення задач кредитного модуля «Енергозбереження будівель та споруд» для студентів спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» та 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем». Збірник задач включає практичні задачі, які охоплюють у повній мірі курс кредитного модуля. Наведено індивідуальні завдання студентам для виконання розрахунків та довідкові дані для виконання розрахунків. Студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати вміння проводити розрахунки щодо: приведення теплоспоживання до стандартних погодних умов, визначення терміну окупності заходів з енергозбереження щодо огорожень будівель та інженерних мереж.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

ЗМІСТ

ДОДАТКИ.....	4
ВСТУП	5
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	5
1. ПОРІВНЯЛЬНІ РОЗРАХУНКИ ВИТРАТ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА ФАКТИЧНИХ ТА СТАНДАРТНИХ УМОВ	6
1.1 ПОРІВНЯННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ ЗА НОРМАТИВНИХ (СТАНДАРТНИХ) ПОГОДНИХ УМОВ.....	6
1.2. ПОТРЕБА В ТЕПЛОТІ НА ОПАЛЕННЯ, ПРИВЕДЕНА ДО НОРМАТИВНИХ (СТАНДАРТНИХ) УМОВ	7
1.3. РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ПРОЄКТУ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ПОГОДНИХ УМОВ ДЛЯ ФОНДУ БУДІВЕЛЬ	9
2. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ОГОРОДЖЕНЬ	11
2.1. УТЕПЛЕННЯ СТІН	11
2.1.1. ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА ТЕРМІЧНО ОДНОРІДНОЇ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ ТА РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГІЇ І КОШТІВ ВІД УТЕПЛЕННЯ	11
2.1.2. ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТЕРМІЧНО ОДНОРІДНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ З ТЕПЛОПРОВІДНИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ	14
2.1.3. ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ УТЕПЛЕНОЇ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ З УРАХУВАННЯМ ВІКОННИХ ВІДКОСІВ.....	16
2.1.4 ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ФАСАДУ УТЕПЛЕНОЇ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ З УРАХУВАННЯМ МІСТКІВ ХОЛОДУ	17
2.2. ЗАМІНА ВІКОН.....	25
2.3. УТЕПЛЕННЯ ГОРИЩА (СУМІЩЕНЕ ПОКРИТТЯ).....	27
3. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ	31
3.1. МОДЕРНІЗАЦІЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ.....	31

3.2. УСТАНОВКА ВІДБИВАЧІВ ЗА РАДІАТОРАМИ ОПАЛЕННЯ (ДЛЯ ІСНУЮЧИХ СЕРІЙНИХ БУДІВЕЛЬ З НЕУТЕПЛЕНИМИ ЗОВНІШНІМИ СТІНАМИ)	34
3.3. ВПРОВАДЖЕННЯ ПОФАСАДНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПОДАЧІ ТЕПЛОНОСІЯ В СИСТЕМУ ОПАЛЕННЯ	37
3.4. ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЗАВІСИ ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ З ДВЕРИМА ТИПУ «ВОРОТА».....	40
3.5. ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЗАВІСИ ДЛЯ ВХІДНИХ ДВЕРЕЙ, ЯКІ ЧАСТО ВІДКРИВАЮТЬСЯ	43
ЛІТЕРАТУРА	47
ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ	48
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Метою кредитного модуля «Енергозбереження будівель і споруд» є формування знань по структурі, технологічним схемам споживання енергії в будівлях для проведення їх аналізу і оцінювання потенціалу енергозбереження за умови впровадження енергоефективних заходів.

При вивченні матеріалу кредитного модуля використовуються знання та вміння, які отримані студентами в дисциплінах: “Технічна термодинаміка”, “Тепломасообмін”, “Теплотехнічні процеси та установки”, “Системи виробництва та розподілу енергії”.

Будівлі відносяться до найбільших споживачів енергоресурсів (до 40%) для економіки України. Необхідність скорочення енергоспоживання будівель обумовлюється зростанням вартості палива та потребою у зменшенні впливу на довкілля. Впровадження у законодавчу та нормативну базу вимог до підвищення енергоефективності об’єктів житлово-комунального господарства є інструментом впливу на зниження споживання ресурсів та зменшення енергетичної залежності держави.

Для підвищення енергоефективності у будівельному фонді на рівні міжнародних організацій використовується економічне стимулювання впровадження енергоощадних технологій, в т.ч. податкові пільги, дотації, гранти, державні програми підтримки, наприклад, спільне фінансування впровадження сучасних технологій та обладнання. Для отримання інвестицій потрібно для кожної будівлі оцінити енергетичний та економічний ефект від енергоефективних заходів щодо огорожень або інженерних систем та обладнання.

Дане видання містить приклади розрахунків, індивідуальні завдання та довідкові дані.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ГД – градусо-доби

ДБН – державні будівельні норми

ДСТУ – державний стандарт України

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

ККД – коефіцієнт корисної дії

ОК – огорожувальні конструкції

1. ПОРІВНЯЛЬНІ РОЗРАХУНКИ ВИТРАТ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА ФАКТИЧНИХ ТА СТАНДАРТНИХ УМОВ

1.1 Порівняння теплоспоживання за нормативних (стандартних) погодних умов

Завдання

Порівняти теплоспоживання за місяць **грудень** два роки при нормативних (стандартних) погодних умовах для адміністративної будівлі у м.Одеса до та після термомодернізації:

Грудень (1 рік): $Q_{ліч1} = 100$ Гкал/місяць, $t_3 = -2$ °С,

Грудень (2 рік): $Q_{ліч2} = 120$ Гкал/місяць, $t_3 = -3$ °С.

Рішення

Наведемо основні розрахункові залежності.

Нормативне теплоспоживання (приведене до стандартних умов):

$$Q_{норм} = Q_{ліч} \cdot \frac{ГД^{норм}}{ГД^{факт}}, \quad (1.1)$$

де $Q_{ліч}$ – покази лічильника теплової енергії за розрахунковий період, Гкал.

Кількість градусо-днів опалювального періоду:

$$ГД = (t_{вн} - t_3) K_{дн}. \quad (1.2)$$

Розрахункова внутрішня температура (тип будівлі-адміністративна):

- існуюча будівля: $t_{вн} = 18$ С [1],

- після термомодернізації: $t_{вн} = 20$ С (додаток 1, [3]).

Приводимо теплоспоживання для кожного року до стандартних (нормативних) умов, вказаних в ДСТУ «Будівельна кліматологія» для м.Одеса ($t_{зовн} = 1,1$ °С для грудня, див. додаток 4, [2]):

$$Q_{гр.1} = Q_1 = Q_{ліч} \cdot \frac{ГД^{норм}}{ГД^{факт}} = 100 \frac{(20-1,1)31}{(18-(-2))31} = 100 \frac{585,9}{620} = 94,5 \text{ Гкал/міс},$$

$$Q_{гр.2} = Q_2 = Q_{ліч} \cdot \frac{ГД^{норм}}{ГД^{факт}} = 120 \frac{(20-1,1)31}{(20-(-3))31} = 120 \frac{585,9}{713} = 98,6 \text{ Гкал/міс},$$

Відповідь: будівля стала споживати більше і потрібно детально вивчити ситуацію на об'єкті, чому так сталося. Далі наведено можливі причини:

1) перетопи в приміщеннях, і регулювання відбувається за рахунок відкриття кватирок. Для вирішення проблеми можна встановити прилади місцевого регулювання (терморегулятори) або автоматику погодного регулювання в ІТП.

2) потрібно уточнити кількість фактичну кількість днів опалювального періоду та фактичні умови мікроклімату у вказані роки.

3) збільшилася теплова потужність будівлі (наприклад, прибудова приміщень) та інші причини.

1.2. Потреба в теплоті на опалення, приведена до нормативних (стандартних) умов

Завдання

За даними лічильника на опалення дитячого закладу м.Києва на 100 місць в поточному році витрачено $1,8 \cdot 10^6$ МДж/рік (430 Гкал/рік).

Нормативна внутрішня температура для дитячих закладів, що експлуатуються: $+20^\circ\text{C}$ [1].

Визначити:

- 1) річне енергоспоживання на опалення, приведене до нормативних (стандартних) умов;
- 2) теплове навантаження на автономне джерело теплопостачання за фактичними даними лічильників.

Рішення

- 1) Кліматологічні дані „нормативного” року у м.Києві за ДСТУ «Кліматологія» (див. додаток 4, [2])

Середньомісячна температура зовнішнього повітря для опалювального періоду „нормативного” року м.Києва						
січень	лютий	березень	квітень	жовтень	листопад	грудень
-4,7	-3,6	1	9	8,1	1,9	-2,5

- 2) Середньомісячна температура зовнішнього повітря за опалювальний період поточного року за даними вимірювань Укргідрометеорологічного центру:

Середньомісячна температура зовнішнього повітря						
січень	лютий	березень	квітень	жовтень	листопад	грудень
-4,3	-2,6	3,9	6,6	10,1	2,9	0,1

- 3) Внутрішня температура в приміщеннях дитячого садочка витримувалась на рівні нормативних значень, тобто приймаємо фактичну внутрішню температуру $+20^\circ\text{C}$
- 4) Визначимо кількість градусо-днів для нормативного (стандартного) року за формулою (1.2):

$$\text{ГД}^{\text{норм}} = \sum((t_{\text{вн}} - t_3) \cdot K_{\text{дн}}) = (20 - (-4,7)) \cdot 31 + (20 - (-3,6)) \cdot 28 + (20 - 1) \cdot 31 + (20 - 9) \cdot 15 + (20 - 8,1) \cdot 17 + (20 - 1,9) \cdot 30 + (20 - (-2,5)) \cdot 31 = 3623 \text{ градусо-дні.}$$

5) Визначимо фактичну кількість градусо-днів для поточного року:

$$ГД^{факт} = \sum((t_{вн} - t_3) \cdot K_{дн}) = (20 - (-4,3)) \cdot 31 + (20 - (-2,6)) \cdot 28 + (20 - 3,9) \cdot 31 + (20 - 6,6) \cdot 15 + (20 - 10,1) \cdot 17 + (20 - 2,9) \cdot 30 + (20 - 0,1) \cdot 31 = 3384 \text{ градусо-дні.}$$

6) Річне енергоспоживання на опалення, приведене до нормативних (стандартних) умов за формулою (1.1):

$$Q_o = Q_{ліч} \cdot \frac{ГД^{норм}}{ГД^{факт}} = 1,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{3623}{3384} = 1,92 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік або } 460 \text{ Гкал/рік}$$

7) Розрахункове навантаження споживача на опалення та вентиляцію будівлі розраховується за формулою:

$$Q_{o,в} = Q_{ліч} \cdot \frac{ГД_{p.o.}^{норм}}{ГД^{факт} \cdot 24 \cdot 3600} = 1,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{(20 - (-22))}{3747 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,234 \text{ МВт},$$

де

кількість градусо-днів «нормативного дня»:

$$ГД_{p.o.}^{норм} = (t_{вн} - t_{p.o.}),$$

для м.Києва $t_{p.o.} = -22 \text{ } ^\circ\text{C}$ за ДСТУ «Кліматологія» [2], додаток 4.

Відповідь:

- 3) річне енергоспоживання на опалення, приведене до нормативних (стандартних) умов, складає 460 Гкал/рік;
- 4) теплове навантаження на автономне джерело теплопостачання за фактичними даними лічильників складає 0,234 МВт.

1.3. Розрахунок ефективності впровадження енергоефективного проєкту з урахуванням впливу погодних умов для фонду будівель

Завдання

В лютому 2018 р. на опалення групи будівель у м.Києві витрачено 24000 Гкал теплоти.

З них по групах споживачів:

- дошкільні заклади ($t_{\text{вн}}=20^{\circ}\text{C}$) – 10000 Гкал,
- адміністративні будинки та інші заклади ($t_{\text{вн}}=18^{\circ}\text{C}$) – 14000 Гкал.

В лютому 2019 р. після реалізації проєкту було витрачено 26000 Гкал, тобто на 8% більше. З них:

- дошкільні заклади ($t_{\text{вн}}=20^{\circ}\text{C}$) – 11000 Гкал,
- адміністративні будинки ($t_{\text{вн}}=18^{\circ}\text{C}$) – 15000 Гкал.

Середня температура зовнішнього повітря:

- в лютому 2018 р. $+3^{\circ}\text{C}$,
- в лютому 2019 р. -5°C .

Порівняти енергоспоживання за два роки з приведенням енергоспоживання до нормативних умов.

Рішення

Градусо-добы визначаються за формулою:

$$ГД^{норм} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{з}}) \cdot K_{\text{дiб}}^{mic}.$$

1) Кількість градусо-дiб „нормативного року” визначається для різних груп споживачів, що відрізняються між собою розрахунковою температурою внутрішнього повітря $t_{\text{вн}}$:

при $t_{\text{вн}}=20^{\circ}\text{C}$: $ГД^{норм}=(20-(-3,6))\cdot 28=661$ гр-днів;

при $t_{\text{вн}}=18^{\circ}\text{C}$: $ГД^{норм}=(18-(-3,6))\cdot 28=605$ гр-днів.

2) Кількість градусо-днів в лютому 2018 року:

при $t_{\text{вн}}=20^{\circ}\text{C}$: $ГД_{2018}=(20-3)\cdot 28=476$ гр-днів;

при $t_{\text{вн}}=18^{\circ}\text{C}$: $ГД_{2018}=(18-3)\cdot 28=420$ гр-днів.

4) Кількість градусо-днів в лютому 2019 року:

при $t_{\text{вн}}=20^{\circ}\text{C}$: $ГД_{2019}=(20-(-5,0))\cdot 28=700$ гр-дн;

при $t_{\text{вн}}=18^{\circ}\text{C}$: $ГД_{2019}=(18-(-5,0))\cdot 28=644$ гр-дн.

4) Приведене теплоспоживання в лютому 2018 року:

а) при $t_{\text{вн}}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (дошкільні заклади)

$$Q_{\text{норм}}^{\text{прив}} = Q_{\text{факт}} \cdot \frac{ГД^{\text{норм}}}{ГД^{\text{факт}}} = 10000 \cdot \frac{661}{476} = 13887 \text{ Гкал},$$

б) при $t_{\text{вн}}=18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (адміністративні будинки)

$$Q_{\text{норм}}^{\text{прив}} = Q_{\text{факт}} \cdot \frac{ГД^{\text{норм}}}{ГД^{\text{факт}}} = 14000 \cdot \frac{605}{420} = 20167 \text{ Гкал}$$

7) Приведене теплоспоживання в лютому 2019 року:

а) при $t_{\text{вн}}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (дошкільні заклади)

$$Q_{\text{норм}}^{\text{прив}} = Q_{\text{факт}} \cdot \frac{ГД^{\text{норм}}}{ГД^{\text{факт}}} = 11000 \cdot \frac{661}{700} = 10387 \text{ Гкал},$$

б) при $t_{\text{вн}}=18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (адміністративні будинки)

$$Q_{\text{норм}}^{\text{прив}} = Q_{\text{факт}} \cdot \frac{ГД^{\text{норм}}}{ГД^{\text{факт}}} = 15000 \cdot \frac{605}{644} = 14092 \text{ Гкал}$$

8) Ефективність по методу приведенного теплоспоживання:

Для дошкільних закладів: $13887-10387=3500$ Гкал,

$$\text{або } \frac{13887-10387}{13887} \cdot 100\% = 25\%$$

Для адміністративних будинків: $20167-14092=6075$ Гкал,

$$\text{або } \frac{20167-14092}{20167} = 30\%$$

Відповідь: економія від реалізації проєкту складає:

- для дошкільних закладів 25 %,
- для адміністративних будівель 30 %.

2. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ОГОРОДЖЕНЬ

2.1. Утеплення стін

2.1.1. Визначення товщини утеплювача термічно однорідної зовнішньої стіни та розрахунок економії енергії і коштів від утеплення

Завдання

Склад стіни житлової будівлі у м. Києві - цегляна кладка з керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м^3 (брутто) товщиною 50 см. Площа стіни складає $F=50 \text{ м}^2$.

Для підвищення теплозахисних властивостей пропонується утеплювач - плити пінополістирольні екструзійні густиною 30 кг/м^3 та зовнішня штукатурка з цементно-піщаного розчину 1 см.

Прийняти в розрахунках внутрішню температуру повітря: $t_{\text{вн}}=20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Знайти необхідну товщину утеплювача.

Визначити річну економію енергії та коштів від утеплення будівлі.

Рішення

Згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [4] опір теплопередачі *термічно однорідної непрозорої* огорожувальної конструкції розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (2.1)$$

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – див. додаток 1;

R_i – тепловий опір i -го шару конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

n – кількість шарів огорожувальної конструкції.

1) Визначимо коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції з додатку 2:

- $\alpha_{\text{в}}=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- $\alpha_{\text{з}}=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

2) Коефіцієнт теплопровідності шарів матеріалів зовнішньої стіни з додатку 5:

- цегляна кладка з керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м³ (п.58): $\lambda_{ц}=0,64 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- плити пінополістирольні екструзійні густиною 30 кг/м³ (п.4): $\lambda_{ут}=0,036 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- штукатурка з цементно-піщаного розчину, п.68: $\lambda_{шт}=0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

3) Визначимо опір теплопередачі існуючої стіни за формулою (2.1):

$$R_{исн} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,64} + \frac{1}{23} = 0,94 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

4) Визначимо опір теплопередачі зовнішньої стіни з нанесеною ізоляцією, попередньо приймаючи товщину шару ізоляції 10 см:

$$\begin{aligned} R_{из} &= R_{исн} + R_{ут} + R_{шт} = R_{исн} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} = \\ &= 0,94 + \frac{0,1}{0,036} + \frac{0,01}{0,93} = 3,72 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}} \end{aligned}$$

5) Визначимо температурну зону:

- м. Київ розташовано у I температурній зоні (за додатком 3).

6) Визначимо нормативний опір теплопередачі зовнішньої стіни для будівлі у I температурній зоні за додатком 6:

$$R_{норм} = 3,3 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Порівняльний аналіз опору теплопередачі стіни після ізоляції з нормативним значенням:

$$R_{из} \geq R_{норм},$$

тобто шар ізоляції в 10 см достатній для дотримання вимог ДБН [3].

7) Визначимо розрахункові кліматичні параметри для м.Києва за додатком 4:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення

$$t_{p.o.} = -22 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

- розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період

$$t_{c.o.} = -0,1 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

- розрахункова кількість днів опалювального періоду

$$n_o = 176 \text{ днів.}$$

8) Втрати теплоти через стіни:

- існуючої будівлі:

$$Q = K_{icn} \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{icn}} \cdot F \cdot (t_{вн} - t_{p.o}) = \frac{1}{0,94} \cdot 50 \cdot (20 - (-22)) = 2234 \text{ Вт};$$

- після утеплення:

$$Q_{ym} = K_{ym} \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{ym}} \cdot F \cdot (t_{вн} - t_{p.o}) = \frac{1}{3,72} \cdot 50 \cdot (20 - (-22)) = 565 \text{ Вт}.$$

- 9) Річна економія енергії, Гкал/рік, з урахуванням коефіцієнту перерахунку (1 ккал/год=1,163 Вт):

$$\Delta Q_{рік} = \Delta Q \frac{t_{вн} - t_{c.o}}{t_{вн} - t_{p.o}} n_o 24 = (2234 - 565) \frac{(20 - (-0,1))}{(20 - (-22))} 176 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 2,9 \text{ Гкал/рік}$$

- 9) Річна економія грошових витрат:

- *централізоване опалення*

Якщо тариф на теплову енергію складає 1600 грн/Гкал, економія складе:

$$E = \Delta Q \cdot T = 2,9 \cdot 1600 = 4640 \text{ грн/рік};$$

- *індивідуальне опалення* від котла з ККД 93% (паливо - природний газ з теплотворною здатністю $Q_n^p = 8000 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3}$)

Економія газу:

$$\Delta B = \frac{\Delta Q \cdot 10^6}{Q_n^p \cdot \eta} = \frac{2,9 \cdot 10^6}{8000 \cdot 0,93} = 390 \text{ м}^3,$$

де η – ККД індивідуального котла, долі %.

Економія коштів при вартості газу для населення $\Pi_n = 10$ грн/м³,

$$E = \Delta B \cdot \Pi_n = 390 \cdot 10 = 3900 \text{ грн/рік}.$$

2.1.2. Визначення приведенного опору теплопередачі термічно однорідної конструкції зовнішньої стіни з теплопровідними включеннями

Завдання

Визначити величину приведенного опору теплопередачі термічно неоднорідної конструкції зовнішньої стіни будівлі у м. Київ та її відповідність нормативним вимогам.

Загальна кількість вузлів даної конструкції 52 шт.

Загальна площа стін (без вікон) - 5000 м^2 , ширина ребра – 300 мм.

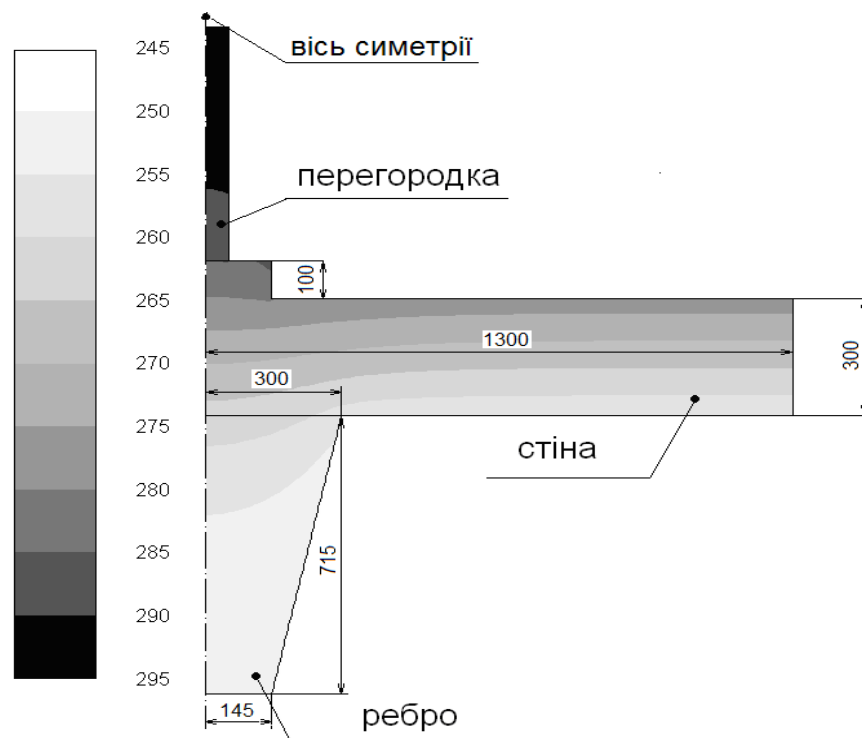


Рис. 1 – Ребро жорсткості огорожувальної конструкції

Для розрахунків прийняти:

Показник	Значення
опір теплопередачі однорідної частини зовнішньої стіни	$1,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
лінійний коефіцієнт теплопередачі вузла сполучення огорожувальних конструкцій*	$k = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
довжина ребра (висота будівлі)	$H = 20 \text{ м}$

*Примітка: згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [4]

Рішення

1) Визначаємо площу термічно однорідної огорожувальної конструкції, тобто ділянки стіни без теплопровідного включення:

$$F_i = F_{\Sigma} - F_{\text{включ}} = 5000 - 0,3 \cdot 20 \cdot 52 = 4688 \text{ м}^2,$$

де

$F_{\text{включ}}$ – площа огороження, зайнята лінійними теплопровідними включеннями (52 ребра шириною 0,3 м довжиною 20 м).

2) Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції:

$$R_{np} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{\Sigma i}} F_i + \sum_{j=1}^m k_j L_j} = \frac{5000}{\frac{1}{1,8} 4688 + 0,3 \cdot 20} = 1,915 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

де

F_{Σ} – площа огорожувальної конструкції, м²;

$R_{\Sigma i}$ – термічний опір термічно однорідної зони (стіни);

F_i – площа термічно однорідної зони, м²;

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі [Вт/(м·К)] j -го теплопровідного включення;

L_j – лінійний розмір [м] j -го теплопровідного включення.

3) Визначимо температурну зону:

- м. Київ розташовано у I температурній зоні (за додатком 3).

4) Визначимо нормативний опір теплопередачі зовнішніх стін за діючими вимогами для будівлі у I температурній зоні за додатком 6:

$$R_{\text{норм}} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Отже, умова $R_{np} \geq R_{\text{норм}}$ не витримується, потрібно провести термомодернізацію будівлі.

Розрахунки економічної доцільності заходу далі потрібно проводити аналогічно завданню 2.1.1.

Відповідь: 1,915 м²К/Вт

2.1.3. Визначення приведенного опору теплопередачі утепленої зовнішньої стіни з урахуванням віконних відкосів

Завдання

Для розрахунку обрано типовий фрагмент цегляної конструкції будівлі у м.Чернігів з фасадною теплоізоляцією 20 см з індустріальним опорядженням та вентильованим повітряним прошарком в межах одного поверху.

Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 15 м².

Зовнішня стіна має коефіцієнт теплопередачі (однорідна конструкція) $K = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

На фрагменті стіни розглядаються наступні лінійні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

№	Найменування	Протяжність, м
1	Віконний відкос в зоні підвіконня	2
2	Віконний відкос в зоні перемички	2
3	Віконний відкос в зоні рядового сполучення	3

Визначити приведенний опір теплопередачі.

Рішення

1) З додатку 8 оберемо лінійні коефіцієнти теплопередачі:

№	Найменування	$k, [\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})]$;
1	Віконний відкос в зоні підвіконня	0,041
2	Віконний відкос в зоні перемички	0,062
3	Віконний відкос в зоні рядового сполучення	0,053

2) Опір теплопередачі однорідної конструкції

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{0,23} = 4,35 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Отримане значення є вище, ніж нормативний нормативний опір теплопередачі для I температурної зони, де розташовано будівлю (за додатком 6), $R_{\text{норм}} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}.$

3) Приведений опір зовнішньої стіни з урахуванням віконного відкосу (лінійне теплопровідне включення):

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j}, \left[\frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}} \right]$$

Підставляючи вихідні дані, отримаємо:

$$R_{\Sigma np} = \frac{15}{\frac{15}{4,35} + 0,062 \cdot 2 + 0,041 \cdot 2 + 0,053 \cdot 3} = 3,93 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

Отже, умова $R_{np} \geq R_{\text{норм}}$ витримується і товщина ізоляції стіни є достатньою.
Відповідь: 3,93 м²К/Вт.

2.1.4 Визначення приведенного опору теплопередачі фасаду утепленої зовнішньої стіни з урахуванням містків холоду

ПРИКЛАД 1

Завдання

Для розрахунку обрано [13] типовий фрагмент конструкції з фасадною теплоізоляцією з індустріальним опорядженням та вентиляльованим повітряним прошарком в межах одного поверху.

По вертикалі фрагмент обмежений несучими колонами будинку, по горизонталі – плитами перекриття.

Склад стіни:

- несуча частина стіни (ШАР 1) виконана на основі кладки з глиняної цегли густиною 1800 кг/м^3 товщиною 250 мм;
- теплоізоляційний шар (ШАР 2) передбачається влаштовувати з мінераловатних плит TERMOLIFE марки ТЛ Вент Фасад густиною 80 кг/м^3 ;
- з внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується цементно-піщана штукатурка товщиною 15мм.

Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем, *кількість дюбелів з розрахунку: 8 шт. на 1 м².*

Врахувати кронштейни для кріплення вентиляльованого фасаду з розрахунку 2 шт на 1 м^2 .

Висота поверху 3,3 м, розміри в осях між колонами 6,0 м.

Розміри фрагмента фасаду, що розглядається, становлять:
(**A*B**) $3,1 \text{ м} \times 5,7 \text{ м}$.

Розміри віконного прорізу становлять: (**C*D**) $2,0 \text{ м} \times 1,5 \text{ м}$.

Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює:
 $14,7 \text{ м}^2 (3,1*5,7-2*1,5=14,7\text{м}^2)$

Загальний вигляд фрагменту наведений на рисунку 2.

Кліматичні умови міста N (в даному прикладі – Донецьк).

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

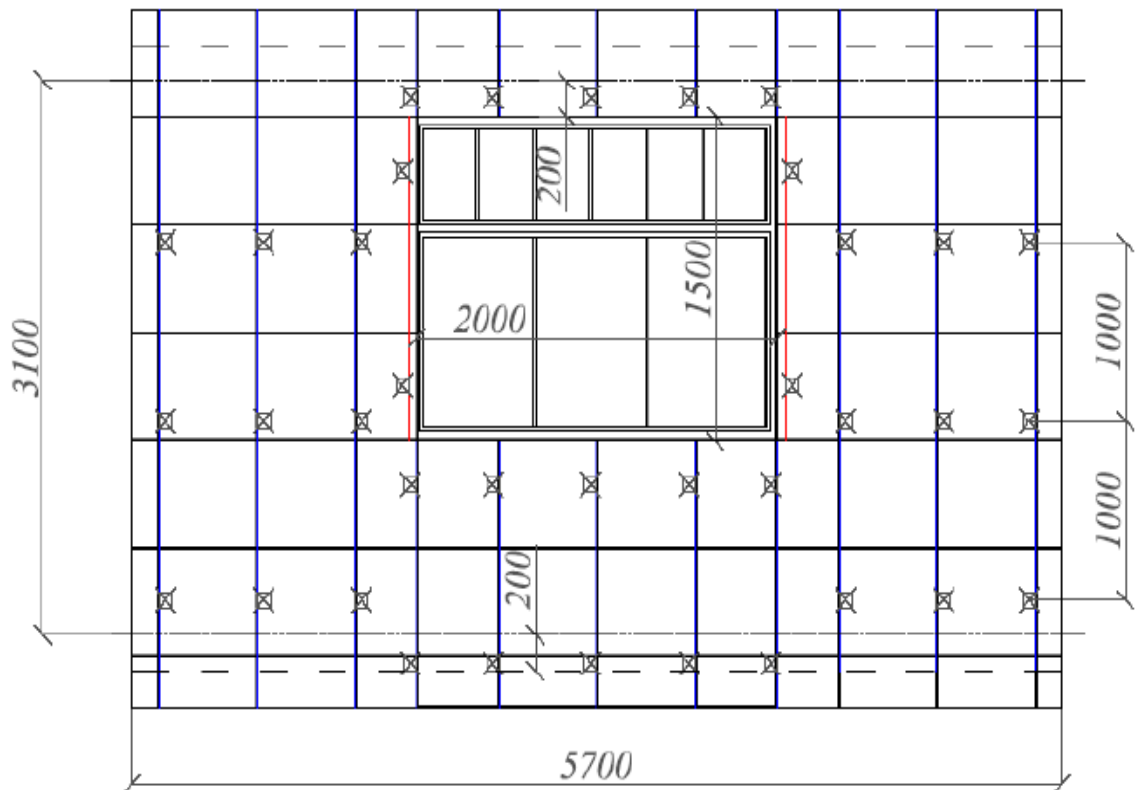


Рис. 2 - Фрагмент фасаду

Рішення

Визначають опір теплопередачі зовнішніх стін згідно за формулою 2 ДСТУ Б. В. 2.6-189 [4]

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i\text{p}}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

де

$\alpha_{\text{в}}$, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К), приймають згідно з додатком 2 (або дод. Б ДСТУ Б. В. 2.6-189:2013):

$$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},; \alpha_3 = 12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

δ_i – товщина і-го шару зовнішніх стін, м;

$\lambda_{i\text{p}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу і-го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м · К) , приймають згідно з додатком 5, для умов експлуатації «Б» або за результатами випробувань.

Для теплоізоляційних плит TERMOLIFE характеристики приймаємо за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією (таблиця 1).

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:
 $\delta_1 = 0,015 \text{ м}$, $\lambda_1 = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ - характеристики внутрішньої штукатурки;
 $\delta_2 = 0,25 \text{ м}$, $\lambda_2 = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ - характеристики цегляної кладки;
 $\delta_3 = 0,19 \text{ м}$, $\lambda_3 = 0,044 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ - характеристики мінераловатних плит TERMOLIFE марки ТЛ Вент Фасад густиною 80 кг/м^3 .

Тоді ,

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,19}{0,044} + \frac{1}{12} = 4,84 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Згідно з додатком 6 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в І-й температурній зоні (додаток 3) для м. Донецьк становить:

$$R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Таблиця 1 - Розрахункові теплофізичні характеристики виробів теплоізоляційних з мінеральної вати на основі базальтового волокна TERMOLIFE

№	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації $\omega, \%$		Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				
	Густина $\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Питома теплоємність $c_0, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	Теплопровідність $\lambda_0, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$			Теплопровідність $\lambda_p, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$		Коефіцієнт теплозасвоєння $S, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$		Коефіцієнт паропроникності $\mu,$
						А	Б	А	Б	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б		
1	35	0,84	0,033	0,5	1	0,041	0,045	0,30	0,32	0,55
2	80	0,84	0,033	0,5	1	0,040	0,044	0,45	0,47	0,49

Далі потрібно визначити характерні ділянки і типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядають присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконного прорізу в зоні надвіконної перемички, підвіконня рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит – точкові елементи;
- несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентильованого фасаду – точкові елементи.

Для вищезазначених теплопровідних включень за проектними даними та даними додатку 8 (або додатків Г та Д ДСТУ В.2.6-189:2013) визначають кількісні показники та характеристики лінійних і точкових коефіцієнтів теплопередачі. Зведені результати наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Теплопровідне включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, м	Кількість, шт	Лінійний коефіцієнт теплопередачі k , Вт/(м · К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі ψ , Вт/К
Віконний відкос в зоні перемички	2,0	—	0,062	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	2,0	—	0,041	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	3,0	—	0,053	—
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	—	110	—	0,005
Несучі кронштейни для кріплення елементів підсистеми вентильованого фасаду	—	32	—	0,015

На підставі даних таблиці 1 визначаємо приведений опір теплопередачі зовнішніх стін:

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

$$= \frac{14,7}{\frac{14,7}{4,84} + 0,062 \cdot 2,0 + 0,041 \cdot 2,0 + 0,053 \cdot 3,0 + 110 \cdot 0,005 + 32 \cdot 0,015}$$

$$= 3,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Визначена величина задовольняє нормативним вимогам ДБН В.2.6-31.

Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі кладки з глиняної цегли густиною 1800 кг/м³ товщиною 250 мм з мінераловатних плит TERMOLIFE марки ТЛ Вент Фасад густиною 80 кг/м³ становить 190 мм.

Відповідь: 3,31 м²·К/Вт

ПРИКЛАД 2

Завдання

Об'єкт дослідження - житловий одноповерховий будинок, зовнішні стіни якого виконані на основі конструкції з фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками [13]. Несуча частина стіни виконана на основі кладки з цегли глиняної звичайної густиною 1800 кг/м^3 , товщиною 380 мм, теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінеральних плит ТЕХНО марки ТЕХНОФАС густиною 145 кг/м^3 .

Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою клейового шару та пластикових дюбелів з пластиковим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 шт. на 1 м^2 .

З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується вирівнююча цементно-піщана штукатурка товщиною 15 мм.

Із зовнішньої сторони по мінераловатним плитам влаштовується опоряджувальна штукатурка густиною 1600 кг/м^3 на 10 мм.

Висота будинку від відмітки підлоги до верхньої відмітки стелі становить 3,5 м.

Розміри будівлі $8,0 \text{ м} \times 10 \text{ м}$ в плані по внутрішньому обміру.

По фасаді будинку передбачено влаштування наступних конструкцій:

- вхідної двері розмірами $1,0 \text{ м} \times 2,2 \text{ м}$
- віконних конструкцій розмірами $2,0 \text{ м} \times 1,8 \text{ м}$ у кількості 4 од.;
- віконних конструкцій розмірами $1,5 \text{ м} \times 1,8 \text{ м}$ у кількості 3 од.;
- світлопрозорої фасадної системи розмірами $4 \text{ м} \times 3,5 \text{ м}$.

Загальна площа непрозорої частини фасаду дорівнює $87,3 \text{ м}^2$.

Кліматичні умови м. Одеса.

Необхідно визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог ДБН В.2.6-31.

Рішення

1) Згідно з додатком 6 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Одеса) становить $R_{q \min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

2) Товщину ізоляційного шару приймаємо 150 мм.

3) Опір теплопередачі зовнішніх стін:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

де

α_B, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К), приймають згідно з додатком 2:

$$\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},; \alpha_3 = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

δ_i – товщина і-го шару зовнішніх стін, м;

λ_{ip} – розрахункова теплопровідність матеріалу і-го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м · К).

Для теплоізоляційних приладів ТЕХНО приймають за результатами випробувань, проведених акредитованою лабораторією, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_3 = 0,045 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Отже, характеристики шарів стінової конструкції:

$\delta_1 = 0,015 \text{ м}, \lambda_1 = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – характеристики внутрішньої штукатурки;

$\delta_2 = 0,38 \text{ м}, \lambda_2 = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – характеристики цегляної кладки;

$\delta_3 = 0,15 \text{ м}, \lambda_3 = 0,045 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – характеристики мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОФАС густиною 145 кг/м³.

$\delta_4 = 0,01 \text{ м}, \lambda_2 = 0,7 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – характеристики зовнішньої опоряджувальної штукатурки.

Тоді підставляючи вихідні дані, отримаємо:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{23} = 3,99 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

4) Визначимо характерні ділянки та типи теплопровідних включень.

На фрагменті, що розглядається, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції :

- відкоси дверного прорізу в зоні перемички та рядового примикання – лінійні елементи;
- відкоси віконних прорізів в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- відкоси світлопрозорої фасадної системи в зоні рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит – точкові елементи.

Для вказаних теплопровідних включень за проектними даними та даними додатку 8 (або додатків Г та Д ДСТУ Б. В. 2.6-189:2013) визначають кількісні показники та характеристики лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі. Зведені дані наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, м	Кількість, шт	Лінійний коефіцієнт теплопередачі k , Вт/(м · К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі ψ , Вт/К
Дверний відкос в зоні перемички	1,0	—	0,081	—
Дверний відкос в зоні рядового примикання	4,4	—	0,071	—
Віконний відкос в зоні перемички	12,5	—	0,081	—
Віконний відкос в зоні підвіконня	12,5	—	0,064	—
Віконний відкос в зоні рядового примикання	25,2	—	0,071	—
Відкос світлопрозорого фасаду в зоні рядового примикання	7,0	—	0,071	—
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	—	700	—	0,0015

5) На підставі даних таблиці 3 визначають приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 3 ДСТУ Б В.2.6-189:2013:

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

$$= \frac{87,3}{\frac{87,3}{3,99} + 0,081(1 + 12,5) + 0,071(4,4 + 25,2 + 7) + 0,064 \cdot 12,5 + 700 \cdot 0,0015}$$

$$= 3,18 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$$

Встановлена величина відповідає нормативним вимогам (додаток 6).

В даному випадку мінімальну товщину теплоізоляційного шару визначають наступним чином [13].

6) Визначають коефіцієнт термічної однорідності, r , за формулою:

$$r = \frac{R_{\Sigma \text{ пр}}}{R_{\Sigma}}$$

який становить $r = 3,18/3,99 = 0,80$.

7) Мінімальну товщину теплоізоляції визначають за формулою:

$$\delta_{min} = \left(\frac{R_{q\ min}}{r} - \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i\ p}} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} \right) \cdot \lambda_{ут\ p}$$

де

α_B, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К);

δ_i – товщина i -го шару зовнішніх стін окрім теплоізоляційного, м;

$\lambda_{i\ p}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу i -го шару зовнішніх стін окрім теплоізоляційного, Вт/(м·К).

$R_{q\ min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стінової конструкції, (м²·К)/Вт;

$\lambda_{ут\ p}$ – розрахункова теплопровідність теплоізоляційного матеріалу, Вт/(м·К).

Тоді,

$$\delta_{min} = \left(\frac{2,8}{0,80} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,045 = 0,128\ \text{м}$$

Приймають товщину більшу за отриману з наявного ряду типових розмірів. Для мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОФАС це 130 мм.

8) Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції стіни на основі кладки з цегли глиняної звичайної густиною 1800 кг/м³ товщиною 380мм з мінераловатних плит ТЕХНО марки ТЕХНОФАС густиною 145кг/м³ становить 130 мм.

Відповідь: 130 мм.

2.2. Заміна вікон

Завдання

В житловій будівлі у м. Полтава встановлені вікна в дерев'яних відокремлених рамах, подвійне застіблення.

Площа вікон 100 м^2 . Кондиціонований об'єм приміщень $V=1000 \text{ м}^3$.

Прийняти в розрахунках температуру внутрішнього повітря: $t_{вн}=20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Джерело теплової енергії:

- індивідуальна котельня з котлами, що мають сезонну ефективність 90% (з урахуванням втрат в розподільчих мережах),
- паливо - природний газ з теплотворною здатністю $Q_n^p = 8000 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3}$.

Оцінити економічний ефект від заміни вікон, якщо вартість природного газу $400 \text{ \$}/\text{тис.м}^3$.

Інвестиції, необхідні для заміни вікон - $150 \text{ \$}/\text{м}^2$ (витрати «під ключ», що включають демонтаж існуючих вікон, установку нових вікон і облаштування віконних відкосів).

Рішення

- 1) Визначимо розрахункові кліматичні параметри для м.Полтава за додатком 4:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення
$$t_{p.o.}=-23 \text{ }^\circ\text{C};$$
- розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період
$$t_{c.o.}=-0,8 \text{ }^\circ\text{C};$$
- розрахункова кількість діб опалювального періоду
$$n_o=178 \text{ діб.}$$

- 2) Визначимо температурну зону:

- м. Полтава розташовано у I температурній зоні (за додатком 3).

- 3) Визначимо опір теплопередачі існуючих вікон для серійних будівель, що експлуатуються (за додатком 7).

$$R_{icn} = 0,38 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

- 4) Визначимо нормативний опір теплопередачі вікна за діючими вимогами для будівлі у I температурній зоні за додатком 6:

$$R_{норм} = 0,75 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

- 5) Втрати теплоти через вікна:

- існуючої будівлі:

$$Q = K_{ич} \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{ич}} \cdot F \cdot (t_{вн} - t_{п.о}) = \frac{1}{0,38} \cdot 100 \cdot (20 - (-23)) = 11316 \text{ Вт};$$

- після заміни вікон:

$$Q_{ум} = K_{ум} \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{нов}} \cdot F \cdot (t_{вн} - t_{п.о}) = \frac{1}{0,75} \cdot 100 \cdot (20 - (-23)) = 5733 \text{ Вт}.$$

6) Річна економія енергії (1 ккал/год=1,163 Вт):

$$\Delta Q_{рік} = \Delta Q \frac{t_{вн} - t_{с.о}}{t_{вн} - t_{п.о}} n_o 24 = (11316 - 5733) \frac{(20 - (-0,8))}{(20 - (-23))} 178 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 9,92 \text{ Гкал/рік}$$

7) Зменшення теплового навантаження за рахунок заміни вікон:

$$\Delta q = \left(\frac{1}{R_{ич}} - \frac{1}{R_{нов}} \right) F \Delta t = \left(\frac{1}{0,38} - \frac{1}{0,75} \right) \cdot (20 - (-23)) = 55,8 \text{ Вт}.$$

8) Річне скорочення споживання теплової енергії за рахунок зменшення інфільтрації (неорганізований природний повітрообмін):

$$\Delta Q_{інф} = \Delta n \cdot V_{оп} \cdot \rho \cdot c_{нов} (t_{вн} - t_{с.о.}) n_o \cdot 24 \cdot 10^{-6} = (1 - 0,6) 600 \cdot 1,293 \cdot 1005 (20 - (-0,8)) 178 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 27712 \text{ МДж} = 6,6 \text{ Гкал},$$

де

Δn - зменшення кратності інфільтрації після заміни вікон:

- до заміни $n=1$,

- після заміни $n=0,6$ (за ДСТУ Б.ЕН 15251 [6]);

$V_{оп}$ – опалювальний об'єм приміщень, що визначається за [7];

$\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$ - густина повітря;

$c = 1005 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ - теплоємність повітря.

9) Скорочення споживання газу:

$$\Delta B = \frac{\Delta Q_{рік} + \Delta Q_{інф}}{Q_H^p \cdot \eta} = \frac{(9,92 + 6,6) \cdot 10^6}{8000 \cdot 0,9} = 2294 \text{ м}^3/\text{рік},$$

де

$Q_H^p = 8000 \text{ ккал/нм}^3$ - нижча робоча теплота згорання природного газу;

$\eta = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує ККД котельні та розподільчих мереж.

10) Економія коштів:

$\Delta E = \Delta B \cdot C_{г} = 2294 \cdot 400/1000 = 917,6 \text{ \$/рік}$, де $C_{г}$ -вартість газу (з урахуванням вартості транспортування за даними постачальників).

11) Простий термін окупності складе:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta E} = \frac{150 \cdot 100}{917,6} = 16,3 \text{ років, що є прийнятним для житлових будівель}.$$

2.3. Утеплення горища (суміщене покриття)

Завдання

Склад горищного покриття житлової будівлі (тип - суміщене покриття) у м.Києві:

- штукатурка товщиною $\delta_{ш}=0,01$ м і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{ш}=0,26$ Вт/(м·К);
- збірні залізобетонні плити товщиною $\delta_{п}=0,22$ м і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{п}=2,04$ Вт/(м·К);
- гравій на бітумі товщиною $\delta_{г}=0,2$ м і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{г}=0,27$ Вт/(м·К);
- бітумна мастика товщиною $\delta_{б.м.}=0,005$ м і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{б.м.}=0,22$ Вт/(м·К);
- шар руберойду товщиною $\delta_{р}=0,005$ м і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{р}=0,17$ Вт/(м·К);

Площа горищного покриття 300 м^2 .

Температуру внутрішнього повітря прийняти 20°C .

Визначити шар ізоляції, потрібний для дотримання нормативних вимог щодо теплотехнічних характеристик огорожень та термін окупності такого заходу.

Рішення

1) Визначимо температурну зону:

- м. Київ розташовано у I температурній зоні (за додатком 3).

2) Опір теплопередачі даху для існуючої будівлі:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_{п}}{\lambda_{п}} + \frac{\delta_{г}}{\lambda_{г}} + \frac{\delta_{б.м.}}{\lambda_{б.м.}} + \frac{\delta_{р}}{\lambda_{р}} + \frac{1}{\alpha_{з}},$$

де

$\alpha_{\text{вн}}$, $\alpha_{з}$ – коефіцієнти тепловіддачі відповідно з зовнішньої та внутрішньої сторони огороження, за додатком 2.

Підставляючи вихідні дані, отримаємо:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,26} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,2}{0,27} + \frac{0,005}{0,22} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{1}{23} = 1,1 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

3) Визначимо нормативний опір теплопередачі горища (суміщене покриття) для будівлі у I температурній зоні за додатком 6:

$$R_{\text{норм}} = 6 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Порівняльний аналіз опору теплопередачі стіни після ізоляції з нормативним значенням:

$$R_{\text{дах}} < R_{\text{норм}},$$

тобто нормативне значення не дотримується, потрібно виконати утеплення.

4) Пропонується виконати утеплення горищного покриття (рис.3):

- шар керамзиту товщиною $\delta_{\text{кер}}=0,4$ м і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{кер}}=0,13$ Вт/(м·К),
- шар вермікулітобетону товщиною $\delta_{\text{в}}=0,2$ м і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{в}}=0,1$ Вт/(м·К)
- шару руберойду 3 мм.

Попередньо потрібно зняти існуючий зруйнований шар руберойду і бутумної мастики.

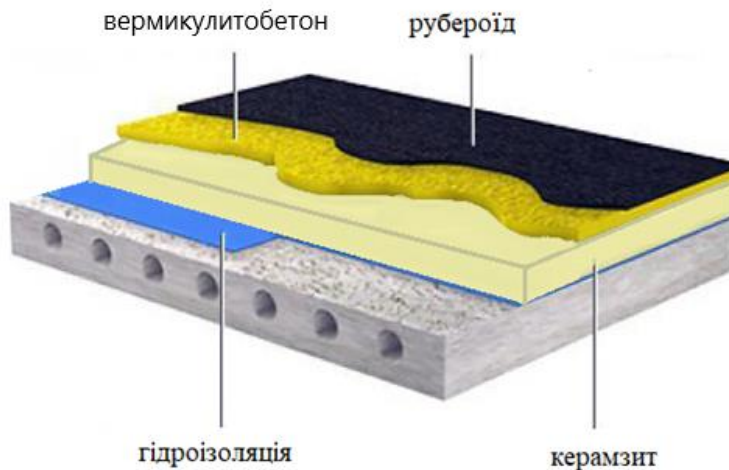


Рис. 3 – Ізоляція плоского даху керамзитом

5) Опір теплопередачі даху для утепленого даху:

$$R_{\text{дах}}^{\text{ут}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_{\text{ш}}}{\lambda_{\text{ш}}} + \frac{\delta_{\text{н}}}{\lambda_{\text{н}}} + \frac{\delta_{\text{з}}}{\lambda_{\text{з}}} + \frac{\delta_{\text{кер}}}{\lambda_{\text{кер}}} + \frac{\delta_{\text{в}}}{\lambda_{\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{р}}}{\lambda_{\text{р}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,26} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,2}{0,27} + \frac{0,005}{0,22} + \frac{0,4}{0,13} + \frac{0,2}{0,1} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{1}{23} = 6,16 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Таким чином, умова $R_{\text{дах}}^{\text{ут}} > R_{\text{норм}}$ дотримується, обрана товщина шару достатня.

Доцільність утеплення даху керамзитом перевірялась також за умовами випадання точки роси.

Для розрахунку використовувалась програмна платформа Smart calc (режим доступу: <https://www.smartcalc.ru>)

За розрахункових умов, при утепленні даху зона конденсації утворюється – 25 см.

При перерахунку на середні умови на опалювальний період, зона конденсації НЕ утворюється. Конденсація починає випадати при $t_z = -15^\circ\text{C}$.

В розрахунковому режимі (за додатком 4 для м.Києва $t_{p.o.} = -22^\circ\text{C}$) триває лише 5 годин протягом опалювального періоду. Так як огороження не встигне промерзнути та зона конденсації не утвориться, дана ізоляція може бути використана при термомодернізації.

Випадання точки роси в товщині плоского даху ілюструється на рисунку 4.

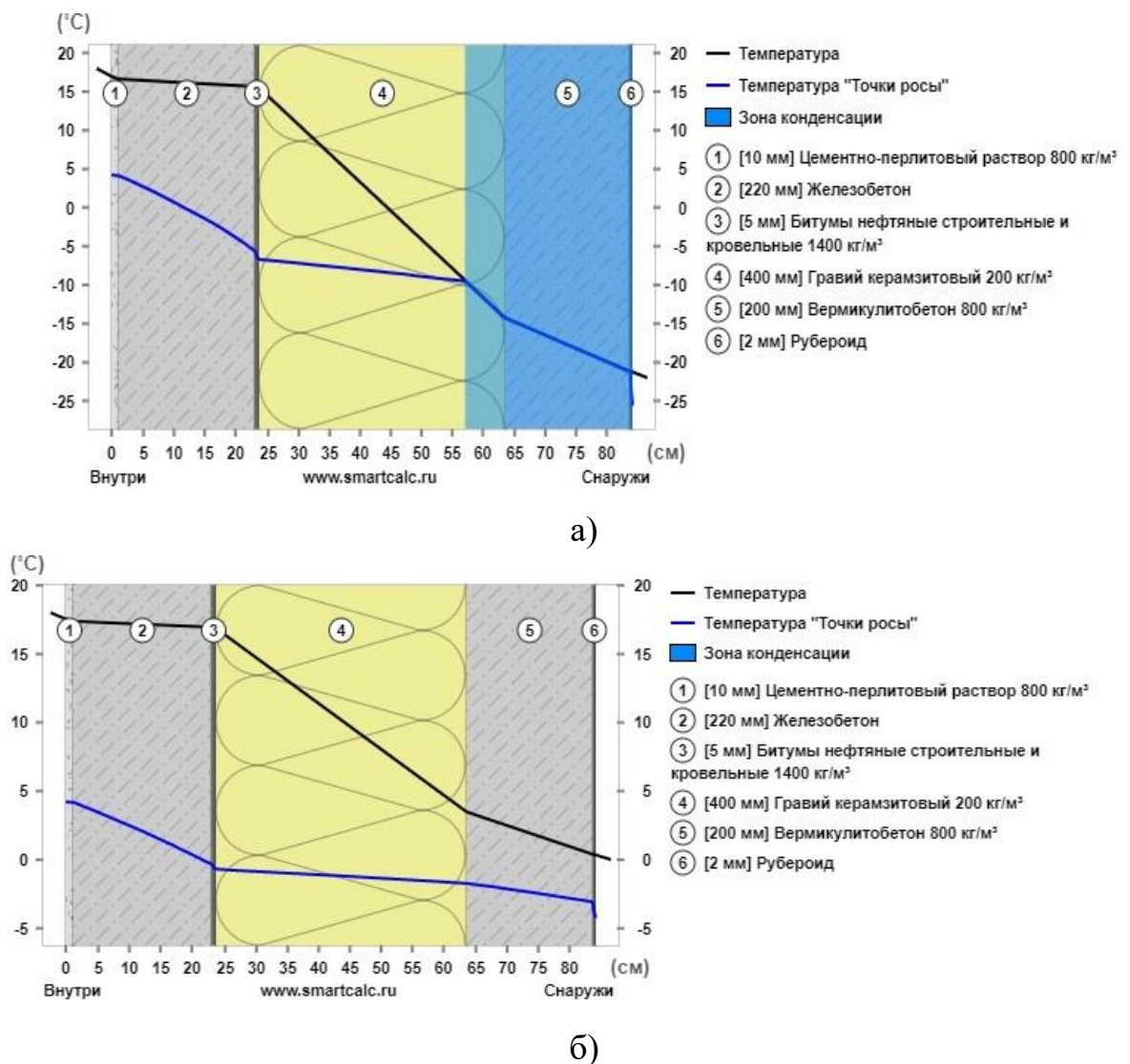


Рис. 4 – Випадання точки роси в товщині плоского даху для розрахункових умов (а) та середніх за опалювальний період (б) кліматичних умов

6) Визначимо розрахункові кліматичні параметри для м.Києва за додатком 4:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення

$$t_{p.o.} = -22 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

- розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період

$$t_{c.o.} = -0,1 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

- розрахункова кількість днів опалювального періоду

$$n_o = 176 \text{ днів.}$$

7) Тепловтрати з горищного перекриття протягом опалювального сезону, кВт-год:

$$\Delta Q_{pich}^{дах} = \left(\frac{1}{R_{дах}} - \frac{1}{R_{дах}^{ут}} \right) F (t_{вн} - t_{c.o.}) n_o \cdot 24 \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{pich}^{дах} &= \left(\frac{1}{1,1} - \frac{1}{6,16} \right) 300 (20 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \\ &= 19027 \text{ кВт} \cdot \text{год або } 16,4 \text{ Гкал} \end{aligned}$$

8) Визначимо економію коштів з урахуванням тарифу на централізоване опалення 1700 грн/Гкал:

$$\Delta E = \Delta Q_{pich}^{дах} \cdot T = 16,4 \cdot 1700 = 27880 \text{ грн/рік.}$$

9) Інвестиції на виконання робіт з утеплення покрівлі «під ключ» (з урахуванням демонтажних, монтажних та висотних робіт, вартості обладнання і матеріалів): 1600 грн/м².

10) Простий термін окупності складе:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta E} = \frac{1600 \cdot 300}{27880} = 17 \text{ років, що є прийнятним для житлових будівель.}$$

Відповідь:

- шар керамзиту 400 мм;
- термін окупності 17 років.

3. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

3.1. Модернізація індивідуального теплового пункту

Завдання

Розрахункове навантаження існуючої адміністративної будівлі у м.Полтава на потреби опалення складає: $Q_o^{\max} = 0,9 \text{ Гкал/год}$, середнє навантаження на гаряче водопостачання (ГВП) $Q_{\text{ГВП}}^c = 0,1 \text{ Гкал/год}$.

Прийняти кількість неробочих днів 53 доби, режим експлуатації будівлі 12 годин на добу, температура в неробочі години 15°C .

Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря в приміщеннях 18°C .

Визначити річну економію енергії за рахунок модернізації індивідуального теплового пункту (ІТП) з урахуванням зниження внутрішньої температури в неробочі години та погодного регулювання.

Визначити економічну доцільність даного заходу.

Рішення

І. Економія теплової енергії за рахунок зниження споживання в неробочі години

1) Річні витрати теплової енергії на опалення:

$$Q_o^{\text{рік1}} = Q_o^{\max} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3600 = 0,9 \frac{18 - (-0,8)}{18 - (-23)} \cdot 178 \cdot 24 = 1763 \text{ Гкал/рік}$$

Розрахункові кліматичні параметри для м. Полтава визначено за додатком 4:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення
 $t_{\text{р.о.}} = -23^\circ\text{C}$;
- розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період
 $t_{\text{с.о.}} = -0,8^\circ\text{C}$;
- розрахункова кількість днів опалювального періоду
 $n_o = 178$ днів.

2) Річні витрати теплової енергії будівлею при впровадженні зниження температури внутрішнього повітря в приміщеннях у неробочі години, Гкал/рік:

$$Q_o^{pik2} = Q_o^{max} \left(\frac{(n_o - a) \cdot m_p (t_{вн} - t_{c.o})}{t_{вн} - t_{p.o.}} + \frac{(24n_o - m_p(n_o - a))(t_{нероб} - t_{c.o})}{t_{вн} - t_{p.o.}} \right)$$

$$= 0,9 \left(\frac{(178 - 53) \cdot 12(18 - (-0,8))}{18 - (-23)} + \frac{(24 \cdot 178 - 12(178 - 53))(15 - (-0,8))}{18 - (-23)} \right) = 1580 \text{ Гкал/рік},$$

де:

Q_o^{max} – максимальна витрата теплоти на опалення;

$a = 53$ діб – сума недільних і святкових днів за опалювальний період;

$m_p = 12$ – кількість годин роботи будівлі на добу, год;

$t_{нероб} = 15$ °C – температура повітря в приміщеннях у неробочий час, °C.

3) Економія витрат теплоенергії при впровадженні зниження температури повітря в неробочі години:

$$E_1 = Q_o^{pik1} - Q_o^{pik2} = 1763 - 1580 = 183 \text{ Гкал/рік}.$$

II. Економія теплової енергії за рахунок введення погодного регулювання

Зважаючи на те, що температури вище +8 C спостерігаються близько 10-15% опалювального сезону, великий резерв енергозбереження полягає в застосуванні місцевого регулювання теплового потоку в перехідні періоди (березень, квітень, жовтень).

Економія теплової енергії при впровадженні теплолічильників та погодного місцевого регулювання в тепловому пункті згідно рекомендацій Держенергоефективності становить 10-15%:

$$E_2 = Q_o^{pik} \cdot 0,15 = 1763 \cdot 0,15 = 264 \text{ Гкал/рік}$$

III. Економія за рахунок зниження аварійних ситуацій на теплообміннику ГВП (приймаємо цю величину на рівні 3% від річних витрат на гаряче водопостачання) [8]

$$E_3 = 0,03 \cdot Q_{ГВП}^{pik} = 0,03(24Q_{ГВП}^c \cdot n_o + 24Q_{ГВП}^c \cdot \frac{55 - t_{х.л.}}{55 - t_{х.з.}} \beta(350 - n_o)) =$$

$$= 0,03(24 \cdot 0,1 \cdot 178 + 24 \cdot 0,1 \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 \cdot (350 - 178)) = 13 \text{ Гкал/рік}$$

де:

$Q_{г.в.сер.}^3$ – середнє навантаження на гаряче водопостачання, Гкал/год;

n_o – тривалість опалювального періоду, діб;

350 – число діб роботи системи гарячого водопостачання за рік (згідно договору про централізоване тепlopостачання);

$t_{x.л.}$ – температура холодної (водопровідної) води в літній період, приймається 15°C ;

$t_{x.з.}$ – температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$, при відсутності даних повинна прийматися рівної 5°C ;

β – коефіцієнт, що враховує зниження середньогодинної витрати води на гаряче водопостачання в літній період [9]:

0,8 – для адміністративних і житлових будівель;

1,5 – для будівель, розташованих у курортних містах (крім промислових);

1 – інші типи будівель.

IV. Економічна оцінка доцільності заходу

- 1) Разом економія витрат теплової енергії при модернізації ІТП:

$$\Delta E = E_1 + E_2 + E_3 = 183 + 264 + 13 = 460 \text{ Гкал/рік}$$

- 2) При тарифі на теплоту $T = 1400$ грн/Гкал з ПДВ економія витрат становитиме:

$$\Delta E = E \cdot T = 460 \cdot 1400 = 644000 \text{ грн}$$

- 3) Витрати на введення в експлуатацію

Капітальні витрати на обладнання ІТП (включають проектні роботи, вартість обладнання, монтажні та пуско-налагоджувальні роботи, а також демонтаж існуючого застарілого обладнання тепловпункту).

$$K = 1000000 \text{ грн.}$$

- 4) Простий термін окупності

$$T = \frac{K}{\Delta E} = \frac{1000000}{644000} = 1,6 \text{ року}$$

Відповідь:

- економія витрат теплової енергії – 460 Гкал/рік,
- економія грошових витрат – 644000 грн.
- термін окупності заходу – 1,6 року.

3.2. Установка відбивачів за радіаторами опалення (для існуючих серійних будівель з неутепленими зовнішніми стінами)

Завдання

Опалювальні чавунні радіатори марки М-140 у приміщеннях школи у м.Полтава розміщені близько до поверхні стін, тому частина теплоти, яка виділяється від них, йде не на нагрів повітря у приміщенні, а на нагрівання стін з опором теплопередачі $R_{ст} = 1,034 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

Кількість секцій радіатора, що встановлено у будівлі дорівнює 778 шт. Температурний графік системи опалення будівлі 80/60 °С.

Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря в приміщеннях 20 °С.

Для зменшення втрат радіаторними ділянками зовнішніх стін за радіаторами пропонується використати утеплювач з двостороннім фольговим покриттям, товщиною 5мм і з опором теплопередачі $R_{реф} = 1,2 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

Обґрунтувати доцільність встановлення за радіаторами відбивачів з теплоізоляційного матеріалу.

Рішення

- 1) Розмір однієї секції радіатора марки М-140 складає $0,24 \text{ м}^2$ [10] кількість секцій 778 шт., тоді загальна площа радіаторів становить:

$$F_{рад.} = 778 \cdot 0,24 = 186,72 \text{ м}^2$$

- 2) Коефіцієнти теплопередачі огороження:

- неутеплена стіна за радіатором:

$$k_{ст} = \frac{1}{R_{ст}} = \frac{1}{1,034} = 0,967 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

- стіна з нанесеними рефлекторами на за радіаторних ділянках:

$$k_{ст.реф.} = \frac{1}{R_{ст.реф.}} = \frac{1}{R_{ст} + R_{реф}} = \frac{1}{1,034 + 1,2} = \frac{1}{2,234} = 0,448 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

- 3) Економія теплової енергії в рік за рахунок зменшені теплопередачі:

$$\Delta Q_{тепл}^{рік} = F_{рад}(k_{ст} - k_{ст.реф.})(t_{вн} - t_{с.о.})24 \cdot n_o \cdot 10^{-3} =$$
$$= 186,72(0,967 - 0,448)(20 - (-0,8))24 \cdot 178 \cdot 10^{-3} = 8610 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де

n_o – тривалість опалювального періоду, діб, за додатком 4;

$t_{с.о.}$ – середня опалювальна температура, °С, за додатком 4.

- 4) *Тепловий потік*, що передається від поверхні стін, на якій розміщений радіатор *шляхом випромінювання*, знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{випр}} = C_s \cdot \varepsilon_{\text{пр}} \cdot \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right) \cdot F_{\text{рад.}},$$

де

$C_s = 5,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла;

$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\varepsilon_1^{-1} + \varepsilon_2^{-1} - 1}$ - приведений ступінь чорноти;

приймаємо:

- ступінь чорноти радіатора (пофарбовано у білий колір) – 0,1;
- ступінь чорноти стіни (світла фарба) – 0,2,
- ступінь чорноти тепловідбивача – 0,01.

Визначимо приведений ступінь чорноти до впровадження заходу:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{0,1^{-1} + 0,2^{-1} - 1} = 0,0714$$

Визначимо приведений ступінь чорноти після впровадження заходу:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{0,1^{-1} + 0,01^{-1} - 1} = 0,0092$$

Розрахункові температури приймаємо наступним чином:

- за розрахункову температуру радіатора приймемо середню температуру подавального і зворотного трубопроводів
 $t_1 = 70^\circ\text{C} \Rightarrow 343 \text{ К}$,
- за розрахункову температуру на внутрішній поверхні зовнішньої стіни приймаємо нормативну температуру повітря в приміщенні
 $t_2 = 20^\circ\text{C} \Rightarrow 293 \text{ К}$.

Таким чином, визначимо теплові втрати на випромінювання до і після заходу:

$$Q_{\text{випр}} = 5,7 \cdot 0,0714 \cdot \left(\left(\frac{343}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) \cdot 186,72 = 4903 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{випр.реф.}} = 5,7 \cdot 0,0092 \cdot \left(\left(\frac{343}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) \cdot 186,72 = 632 \text{ Вт}.$$

- 5) Економія теплової енергії в рік за рахунок зменшення випромінювання:

$$\Delta Q_{\text{випр}}^{\text{рік}} = (Q_{\text{випр}} - Q_{\text{випр.реф.}}) \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} n_o 24 \cdot 10^3 =$$

$$= (4903 - 632) \frac{20 - (-0,8)}{20 - (-23)} 178 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 8826 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

6) Сумарна економія теплової енергії за рік (за умови наявності регулювання теплового потоку):

$$\Delta Q_{\text{сум}}^{\text{рік}} = \Delta Q_{\text{тепл}}^{\text{рік}} + \Delta Q_{\text{випр}}^{\text{рік}} = 8610 + 8826 = 17436 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 15 \text{ Гкал}$$

7) При тарифі на теплоту $T=1400$ грн/Гкал з ПДВ економія витрат становитиме:

$$\Delta E = E \cdot T = 15 \cdot 1400 = 21000 \text{ грн}$$

8) Витрати на введення в експлуатацію приймаємо 200 грн/м².

Витрати включають монтажні роботи утеплювач та додаткові матеріали.

9) Простий термін окупності

$$T = \frac{F_{\text{рад}} \cdot 300}{\Delta E} = \frac{186,72 \cdot 200}{21000} \approx 1,8 \text{ року}$$

Відповідь:

- економія витрат теплової енергії – 15 Гкал/рік,
- економія грошових витрат – 21000 грн.
- термін окупності заходу – 1,8 року.

Додаткове творче завдання:

- як зміниться результат при розгляді теплообміну між радіатором і поверхнею стіни/утеплювача як складного радіаційно-конвективного?
- Вказівка: з балансу на границі між радіатором і поверхнею стіни/утеплювача спочатку визначити температуру цієї границі.

3.3. Впровадження пофасадного регулювання подачі теплоносія в систему опалення

Завдання

Провести оцінку енергозбереження від впровадження по фасадного регулювання для житлової будівлі у місті Києві за опалювальний період. Умовне розрахункове навантаження будівлі 1 Гкал/год. Розташування фасадів – північ та південь.

Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря для житлової будівлі $t_{\text{вн}}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

За розрахункову швидкість приймемо швидкість вітру $w_p=5\text{ м/с}$.

Приймаємо відносне побутове тепловиділення $Q_{\text{поб}} = 0,15$.

Розглянути два випадки:

- випадок I: вплив вітру при відпустці теплоти враховується, але пофасадне регулювання відсутнє, тобто відпустка теплоти на обидва фасади здійснюється, як для навітряного;

- випадок II: відпустка теплоти проводиться по температурному графіку, що не враховує вплив вітру на тепловтрати будівлі, без пофасадного регулювання.

Рішення

1) Визначимо розрахункові кліматичні параметри для м.Києва за додатком 4:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення

$$t_{p.o.}=-22\text{ }^{\circ}\text{C};$$

- розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період

$$t_{c.o.}=-0,1\text{ }^{\circ}\text{C};$$

- розрахункова кількість днів опалювального періоду

$$n_o=176\text{ днів.}$$

Визначимо середню швидкість вітру для двох фасадів за додатком 9:

$$w_i=(3,2+2,7)/2=2,95\text{ м/с.}$$

Випадок I. Вплив вітру при відпустці теплоти враховується, але пофасадне регулювання відсутнє, тобто відпустка теплоти на обидва фасади здійснюється, як для навітряного

Перевитрата теплової енергії через відсутність пофасадного регулювання складе в абсолютному численні (кВт або Гкал/год) [12]:

$$\Delta Q_o = (Q_o^p + Q_{\text{поб}}) \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \left[\frac{1 - a}{2} \cdot \left(\frac{w_i}{w_p} \right)^2 \right],$$

або відносно розрахункового теплоспоживання (в долях):

$$\frac{\Delta Q_o}{Q_o^p} = (1 + \overline{Q_{\text{поб}}}) \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \left[\frac{1 - a}{2} \cdot \left(\frac{w_i}{w_p} \right)^2 \right],$$

де

$\overline{Q_{\text{поб}}}$ - відносні побутові тепловиділення;

Q_o^p - максимальне розрахункове споживання теплової енергії системою опалення при розрахункових температурі зовнішнього повітря $t_{\text{р.о.}}$ і швидкості вітру w_p , кВт (Гкал/ч);

$Q_{\text{поб}}$ - побутові тепловиділення, кВт (Гкал/год);

$t_{\text{вн}}$ - розрахункова температура внутрішнього середовища, °С;

$t_{\text{с.о.}}$ - середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С;

$t_{\text{р.о.}}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

w_p - розрахункова швидкість вітру, приймаємо 5 м/с;

w_i - поточна, середня за період швидкість вітру, м/с, середня для двох фасадів Пн та Пд за додатком 9;

a - безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив вітру на теплоспоживання будівлі; значення коефіцієнта a : при розрахункових швидкостях вітру 2, 5 і 10 м/с дорівнюють, відповідно 0,94, 0,78 і 0,51.

Підставляючи дані, визначимо перевитрату теплової енергії через відсутність пофасадного регулювання і урахування побутових надходжень відносно розрахункового теплоспоживання:

$$\frac{\Delta Q_o}{Q_o^p} = (1 + 0,15) \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} \left[\frac{1 - 0,78}{2} \cdot \left(\frac{2,95}{5} \right)^2 \right] = 0,021,$$

Тобто потенціал енергозбереження відносно розрахункового навантаження складає 2 %.

Потенціал енергозбереження за опалювальний період у випадку впровадження пофасадного регулювання відпустки теплоти на ІТП складе (при розрахунковому тепlopостачанні 1 Гкал/год):

$$\Delta Q_o^{\text{рік}} = Q_o^p \cdot \frac{\Delta Q_o}{Q_o^p} \cdot n_o 24 = 1 \cdot 0,021 \cdot 176 \cdot 24 = 88 \text{ Гкал/рік}$$

Випадок II. Відпустка теплоти проводиться по температурному графіку, що не враховує вплив вітру на тепловтрати будівлі, без пофасадного регулювання

Перевитрата теплової енергії через відсутність пофасадного регулювання складе в абсолютному численні (кВт або Гкал/год) [12]:

$$\Delta Q_o = (Q_o^p + Q_{\text{поб}}) \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \left[1 - a - \frac{1 - a}{2} \cdot \left(\frac{w_i}{w_p} \right)^2 \right],$$

або відносно розрахункового теплоспоживання (в долях):

$$\frac{\Delta Q_o}{Q_o^p} = (1 + \overline{Q_{\text{поб}}}) \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \left[1 - a - \frac{1 - a}{2} \cdot \left(\frac{w_i}{w_p} \right)^2 \right].$$

Підставляючи дані, визначимо перевитрату теплової енергії через відсутність пофасадного регулювання і урахування побутових надходжень відносно розрахункового теплоспоживання (в долях) складе:

$$\frac{\Delta Q_o}{Q_o^p} = (1 + 0,15) \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} \left[1 - 0,78 - \frac{1 - 0,78}{2} \cdot \left(\frac{2,95}{5} \right)^2 \right] = 0,109.$$

Тобто потенціал енергозбереження відносно розрахункового навантаження складає близько 11 %.

Потенціал енергозбереження за опалювальний період у випадку впровадження пофасадного регулювання відпустки теплоти на ІТП складе (при розрахунковому тепlopостачанні 1 Гкал/год):

$$\Delta Q_o^{\text{рік}} = Q_o^p \cdot \frac{\Delta Q_o}{Q_o^p} \cdot n_o 24 = 1 \cdot 0,109 \cdot 176 \cdot 24 = 212 \text{ Гкал/рік}$$

Відповідь:

- випадок 1 – економія складе 88 Гкал/рік,
- випадок 2 – економія складе 212 Гкал/рік.

3.4. Впровадження теплової завіси для виробничих та громадських будівель з дверима типу «ворота»

Завдання

Зробити оцінку ефекту від застосування теплової завіси для існуючої будівлі виробничого типу (склад-магазин) в місті Києві.

Розрахункова температура внутрішнього повітря рівна 18 °С.

Оцінити енергозберігаючий ефект від застосування в воротах двосторонньої повітряної завіси з кутом подачі повітря 45° і розрахувати початкову витрату повітря в завісі при прийнятому коефіцієнті витрати $K_q=0,4$ (у випадку, коли тепла завіса діюча).

Розміри воріт доставки товару: ширина 4 м, висота 4 м. Розташування воріт – на північному фасаді.

Відношення площі щілини для подачі повітря і площі воріт складає 1/30.

Рішення

Теплова завіса відсутня

1) Визначимо розрахункові кліматичні параметри для м.Києва за додатком 4:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення

$$t_{p.o.}=-22\text{ }^{\circ}\text{C};$$

- розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період

$$t_{c.o.}=-0,1\text{ }^{\circ}\text{C};$$

- розрахункова кількість днів опалювального періоду

$$n_o=176\text{ днів.}$$

Середня швидкість вітру для північного фасаду за додатком 9:

$$w_i=3,2\text{ м/с.}$$

2) Масова витрата зовнішнього повітря G_n , кг/с, що поступає через ворота за відсутності завіси (для виробничих будівель з невеликими тепловиділеннями) [12]:

$$G_n=A+(\alpha+K\cdot w)F\cdot 1/30,$$

де

A і α - витрати повітря, що визначаються залежно від розрахункової температури $t_{p.o.}$ зовнішнього повітря для проектування опалювання (ці величини знаходяться по табл.4 методом інтерполяції);

K - умовний коефіцієнт:

- для воріт розміром 3х3 м дорівнює 0,25,
- для воріт розміром 4х4 м дорівнює 0,20;

w - швидкість вітру в м/с;

F - площа перетину воріт, що відкриваються, м².

Таблиця 4 - Значення A і α при визначенні витрати зовнішнього повітря, що надходить через ворота виробничого приміщення при відсутності повітряної завіси

Розміри воріт, м	Внутрішня температура повітря, °C	Значення α і A , кг/с	Температура зовнішнього повітря t_z , °C						
			-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
3×3 і 4×4	+5	α	-	-	1,27	1,38	1,46	1,51	1,55
	+15...+20		-	1,27	1,4	1,5	1,55	1,58	1,6
3×3	+5	A	6,0	5,0	5,8	6,6	7,4	8,1	8,9
	+15...+20			6,5	7,3	8,0	8,8	9,4	10,0
4×4	+5	A	10,0	11,6	13	14,5	16	17,5	19
	+15...+20		12,7	13,9	15	16,3	17,5	18,8	20

Підставляючи дані, отримаємо:

$$G_n = 15,5 + (1,42 + 0,2 \cdot 3,2) 16 \cdot 1/30 = 16,6 \text{ кг/с або } 59760 \text{ кг/год,}$$

3) Теплова потужність, кВт, необхідна для нагріву повітря, що уривається у ворота, без завіси (в середньому за опалювальний період):

$$Q = G_n c_p (t_{вн} - t_{c.o.}) = 16,6 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-0,1)) = 302 \text{ кВт}$$

де

G_n - масова витрата повітря, що вривається, кг/с;

c_p = 1,005 кДж/(кг К) – теплоємність повітря,

4) Витрата теплоти, кВт год, за період часу без діючої завіси:

$$Q_{рік} = G_n c_p (t_{вн} - t_{c.o.}) n_o \cdot 24 \cdot k$$

де

k - коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години:

$$k = \tau/60,$$

- де τ - час відкривання воріт в хвилину, приймаємо $\tau=3$ хвилини, тоді $k = 3/60 = 0,05$.

Підставляючи дані, отримаємо:

$$Q_{рік} = 16,6 \cdot 1,005 (18 - (-0,1)) 176 \cdot 24 \cdot 0,05 = 63774 \text{ кВт-год}$$

Діюча завіса

1) Витрата повітря, що створюється завісою:

$$G_n^3 = q \cdot G_n = 0,35 \cdot 16,6 = 5,81 \text{ кг/с}$$

Значення коефіцієнта q визначили з графіку на рис. 5 по кривій 2 і $K_q=0,4$.

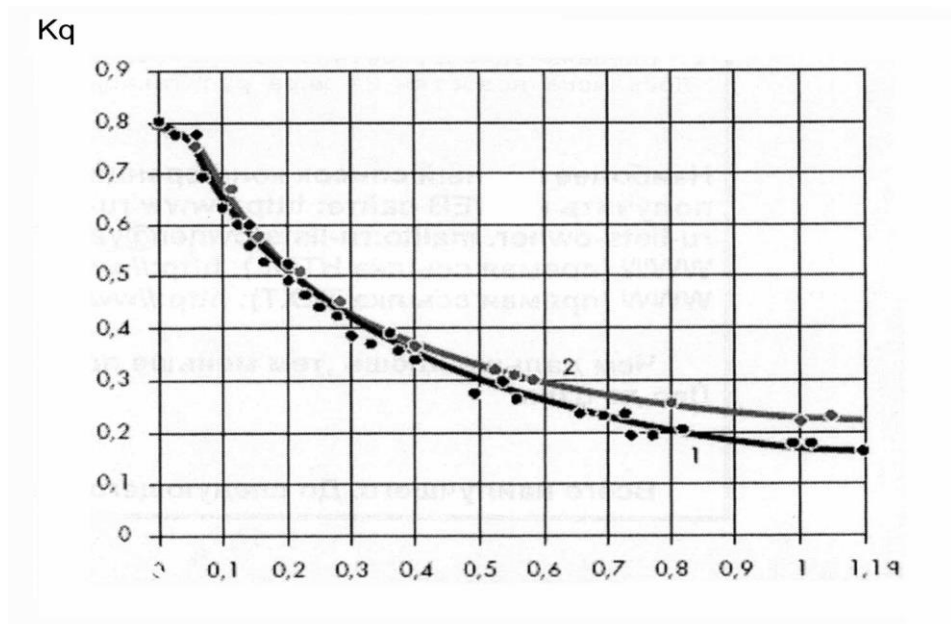


Рис. 5 - Залежності коефіцієнту витрати повітря через ворота, захищені завісою, від відносної витрати повітря:

- крива 1 – одностороння завіса; крива 2 – двостороння завіса

- 2) Теплова потужність, кВт, необхідна для нагріву повітря, що уривається у ворота, з працюючою завісою (в середньому за опалювальний період):

$$Q = G_n^3 \cdot c_p (t_{вн} - t_{с.о.}) = 5,81 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-0,1)) = 105,7 \text{ кВт}$$

де

G_n - масова витрата повітря, що вривається, кг/с;

$c_p = 1,005$ кДж/(кг К) – теплоємність повітря,

- 3) Витрата теплоти (кВт год) за період часу з діючою завісою:

$$Q_{рік} = G_n^3 \cdot c_p (t_{вн} - t_{с.о.}) n_o \cdot 24 \cdot k$$

де

k - коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години:

$$k = \tau / 60,$$

- де τ - час відкривання воріт в хвилинах, приймаємо $\tau = 3$ хвилини, тоді $k = 3/60 = 0,05$.

Підставляючи дані, отримаємо:

$$Q_{рік}^3 = 5,81 \cdot 1,005 (18 - (-0,1)) 176 \cdot 24 \cdot 0,05 = 22324 \text{ кВт-год}$$

- 4) Зниження споживання енергії:

$$\Delta Q = Q_{рік} - Q_{рік}^3 = 63774 - 22324 = 41450 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таким чином, можливе зниження теплової енергії майже в 3 рази.

Відповідь: економія енергії 41450 кВт-год, або майже в 3 рази.

3.5. Впровадження теплової завіси для входних дверей, які часто відкриваються

Завдання

Зробити оцінку ефекту від застосування теплової завіси для існуючої громадської будівлі в місті Києві.

Розрахункова температура внутрішнього повітря 18 °С.

Оцінити енергозберігаючий ефект від застосування теплової завіси на входних дверях, що мають розміри висотою $H = 2$ м і шириною $B = 0,9 \cdot 2 = 1,8$ м (двоє дверей знаходяться поруч).

Кут подачі повітря 45°. Швидкість вітру біля основи дверного отвору становить $v_0 = 2$ м/с (мінімальна швидкість відповідно до рекомендацій проектування 2...2,5 м/с).

Вхідні двері розташовані на північно-східному фасаді будівлі. Розташування припливної решітки двобічне.

Рішення

- 1) Витрата зовнішнього повітря, що надходить через проріз дверей, коли тепла завіса не працює:

$$L_0 = B \cdot H \cdot v_0,$$

де B - ширина входних дверей, двоє входних дверей шириною 0,9 м кожна;

H – висота входних дверей, м;

$v_0 = 2$ м/с – швидкість вітру (додаток 9);

Підставивши значення в формулу розрахуємо витрати зовнішнього повітря:

$$L_0 = (2 \cdot 0,9) \cdot 2 \cdot 2 = 7,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

- 2) Кількість повітря, що проходить крізь проріз дверей при діючій тепловій завісі:

$$L = B \cdot H \cdot v_0 \cdot (1 - h / H),$$

де h – ефективна висота струменю теплової завіси – 1,5 м;

Підставивши значення у формулу, отримаємо кількість повітря, що проходить крізь проріз дверей при діючій тепловій завісі:

$$L = (2 \cdot 0,9) \cdot 2 \cdot 2 \cdot (1 - 1,5 / 2) = 1,8 \text{ м}^3 / \text{с}$$

- 3) Визначимо витрату припливного повітря завісою за наступною формулою:

$$L_s = (L_0 - L) / (\Phi \cdot (H / b)^{0,5} + 1),$$

де b – ширина горизонтальної решітки – 0,1 м;

Φ – коефіцієнт теплової завіси, який залежить від кута випускання

повітряного струменя α , та коефіцієнта турбулентності струменя β (рис.6).

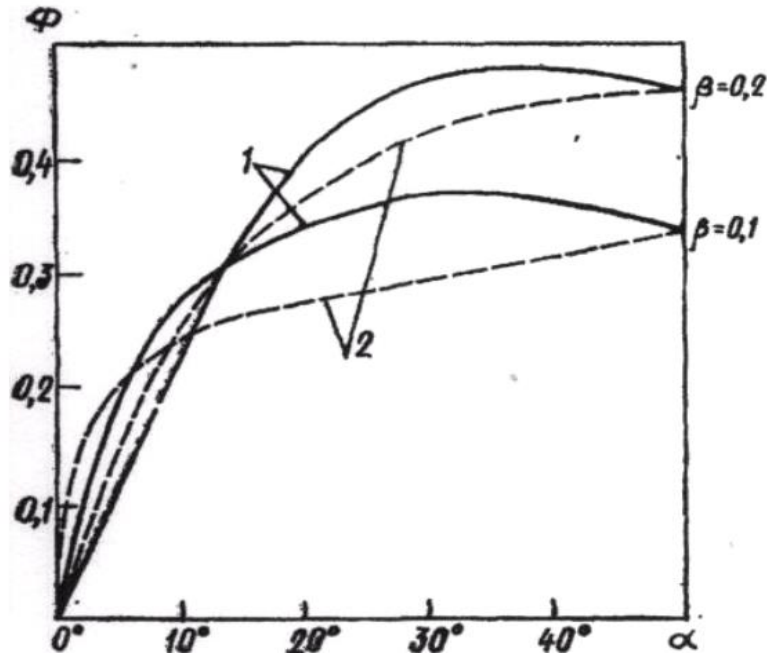


Рис. 6 – Залежність між кутом випускання повітря струменя α , коефіцієнтом завіси Φ і коефіцієнтом турбулентності β при нижньому (крива 1) і бічному (крива 2) розташуванні припливної решітки

Розрахуємо теплові завіси з горизонтальними решітками шириною:

$$b = \frac{H}{30} \dots \frac{H}{40} = 0,1 \text{ м для прорізів дверей.}$$

Отже, підставивши значення у формулу, розрахуємо витрату припливного повітря завісою:

$$L_s = (7,2 - 1,8) / (0,47 \cdot (2 / 0,1)^{0,5} + 1) = 1,74 \text{ м}^3/\text{с}$$

4) Швидкість повітря на виході з припливної решітки визначається за формулою:

$$v_s = L_s / (B \cdot b).$$

Підставивши значення у формулу, визначимо швидкість повітря на виході з припливної решітки:

$$v_s = 1,74 / (1,8 \cdot 0,1) = 9,66 \text{ м/с}$$

5) Середнє значення температури повітря, що потрапляє в приміщення:

$$t_{cp} = (L_s \cdot t_s + L \cdot t) / (L_s + L)$$

де

t_o - температура нагрітого повітря після калорифера, $t_o = 35^\circ\text{C}$;

$t = -0,1^\circ\text{C}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період.

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$t_{cp} = (1,74 \cdot 35 + 1,8 \cdot (-0,1)) / (1,74 + 1,8) = 19,4^{\circ}\text{C}$$

6) Масова витрата повітря на завісу, кг/год:

$$G_3 = L_0 \cdot l_{щ} \cdot 3600 \cdot \rho_{нов.}$$

де

$l_{щ} = B/2$ - довжина щілини завіси (встановлюватимемо 2 завіси на кожні двері, м;

$\rho_{нов.} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ - густина повітря, що подається;

$$G_3 = (2 \cdot 0,9 \cdot 1) \cdot 0,9 \cdot 3600 \cdot 1,2 = 6998,4 \text{ кг/год} = 5832 \text{ м}^3/\text{год}$$

7) Витрата тепла на підігрів повітря, що подається в завісу, кДж/год:

$$Q_3 = c_p G_3 (t_0 - t),$$

де

$c_p = 1 \text{ кДж/(кг} \cdot ^{\circ}\text{C)}$ - питома теплоємність повітря;

$t_{ex} = 16^{\circ}\text{C}$ - температура повітря, що входить в калорифер установки (нормативна температура для вестибюлів);

$t_0 = 35^{\circ}\text{C}$ - температура нагрітого повітря на виході з калорифера;

$$Q_3 = 1 \cdot 6998,4(35 - 16) = 110808 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 30,7 \text{ кВт.}$$

Сумарне енергоспоживання тепловими завісами, кВт·год:

$$W_{т.з.} = P_{н.т.з.} T_p,$$

де

$T_p = 2700 \text{ год}$ - тривалість роботи теплової завіси протягом опалювального періоду;

$P_{н.т.з.} = 30,7 \text{ кВт}$ - теплова потужність нагрівача теплової завіси, кВт;

$$W_{т.з.} = 30,7 \cdot 2700 = 82890 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

8) Визначимо річну економію втрат тепла з інфільтрованим повітрям, МДж/рік:

$$\Delta W = c \cdot (L_0 - L) \cdot (t_{вн} - t_{оп.з.}) \cdot 3600 \cdot T$$

де

$c_p = 1 \text{ кДж/(кг} \cdot ^{\circ}\text{C)}$ - питома теплоємність повітря;

$t_{ex} = 16^{\circ}\text{C}$ - температура повітря, що входить в калорифер установки;

$t_0 = 35^{\circ}\text{C}$ - температура нагрітого повітря на виході з калорифера;

Тоді економія енергії протягом опалювального періоду становить:

$$\Delta W = (7,2 - 1,8) \cdot (16 - (-0,1)) \cdot 3600 = 234738 \text{ МДж/рік або } 55,89 \text{ Гкал/рік}$$

9) Визначимо річну грошову економію від запропонованого заходу:

$$\Delta E = \Delta W \cdot T$$

де T - тариф на теплову енергію, приймаємо 1660 грн/Гкал.

$$\Delta E = 55,89 \cdot 765,9 = 92777 \text{ грн.}$$

10) Визначимо капітальні витрати.

Вартість одного комплексу теплової завіси $Ц_з = 23000$ грн.

Загальна вартість:

$$B_c = Ц_з \cdot m = 23000 \cdot 2 = 46000 \text{ грн.},$$

m – кількість теплових завіс.

Витрати на монтаж становлять 30% від повної вартості обладнання:

$$M = 46000 \cdot 0,3 = 13800 \text{ грн.}$$

Капітальні затрати на встановлення теплових завіс:

$$K = B_c + M = 46000 + 13800 = 59800 \text{ грн.}$$

10) Термін окупності проекту:

$$T_{ок}^{np} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{59800}{92777,4} = 0,65 \text{ р.}$$

Відповідь: економія енергії 55,89 Гкал/рік.

ЛІТЕРАТУРА

1. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ-204 Україна 244-94. - К.: ЗАТ"ВІПОЛ", 2001. - 376 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. К.: НДІБК, 2011. – 127 с.
3. ДБН В.2.6-31:2016 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. К: НДІБК, 2016. - 33 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. К.: НДІБК, 2013. - 51 с.
5. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації будинків. К: НДІБК, 2014. - 70 с.
6. ДСТУ Б EN 15251: 2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики будівель. К., 2012. – 71 с.
7. Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифікату», [наказ №172 від 11.07.2018 Міністерства регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України]. К., 2018. – 23 с.
8. Дешко В.І. Розрахунок техніко-економічних та екологічних показників котелень / В.І.Дешко, Ю.В. Хоренженко, М.М. Шовкалюк, Ю.В.Шовкалюк. К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2006. – 80 с.
9. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 Україна 244–94. К.:ЗАТ „ВІПОЛ”, 2001. – 376с.
10. Богословский В.Н. Тепловой режим здания / Богословский В.Н. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.: ил.
11. Офіційний сайт Асоціації енергоаудиторів України, код доступу: <https://aea.org.ua/>
12. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України/ [заг. ред. В.М.Беленький]// Розділ «Опалення, вентиляція, кондиціонування». Луганськ, вид-во "Місячне сяйво", 2009. - 680 с. Автори: Дешко В.І., Шовкалюк М.М. та ін.
13. Приклади розрахунку до ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель». Посібник для проектування. К.: ДП НДІБК, 2014. – 78 с.

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ

Завдання 1.1

№	Місто	Місяць	Тепло- споживання, Гкал/міс		t_z , °C		$t_{вн}$, °C	
			Q ₁	Q ₁	1	2	до	після
1	Дніпро	Січень	100	120	-1	-2	19	20
2	Київ	Лютий	110	130	1	-2	18	20
3	Кропивницький	Березень	90	120	+1	-2,5	18	21
4	Луганськ	Квітень	80	73	+4	+1	19	22
5	Львів	Жовтень	77	98	+3,5	-1	18	21
6	Миколаїв	Листопад	55	66	+1	-2,2	18	20
7	Одеса	Грудень	53	78	-3	-5,5	18	22
8	Полтава	Січень	130	110	-4	-2,1	19	21
9	Рівне	Лютий	120	155	-6	-7,2	19	22
10	Суми	Березень	133	155	+1	-2,4	19	20
11	Тернопіль	Квітень	142	122	+3	+4,5	18	21
12	Харків	Жовтень	175	185	+1	-1,2	18	20
13	Луганськ	Листопад	115	102	-3	-0,4	18	22
14	Херсон	Грудень	112	150	+0,5	-2,9	18	21
15	Чернігів	Січень	160	180	-3	-5	18	20
16	Черкаси	Лютий	120	118	-2,5	-1,1	18	22
17	Ів.Франківськ	Березень	90	82	+1	+2,2	18	21
18	Чернівці	Квітень	70	64	-0,4	+0,5	18	20
19	Хмельницький	Жовтень	35	45	+5,4	+1,1	18	22
20	Вінниця	Листопад	57	88	+1	-1,5	18	21

Завдання 1.2

№	Місто	$t_{\text{вн}},$ °C	$Q_{\text{ліч}},$ Гкал/рік	Середньомісячна температура зовнішнього повітря у певному місяці опалювального періоду						
				1	2	3	4	10	11	12
1	Київ	18	700	-4,2	-2,5	0,2	2,6	-2,2	-4,5	-6,3
2	Кропивницький	20	750	-3,3	-3,4	1,2	2,7	-2	-3,4	-5,7
3	Луганськ	21	800	-4,5	-2,1	1,5	2,4	-2,5	-4,2	-7,3
4	Львів	22	850	-5	-1,5	2	3,4	-3,4	-3,3	-3,9
5	Миколаїв	18	900	-5,3	-1,1	2,3	3,5	-2,1	-4,5	-4,2
6	Одеса	20	950	-6	-0,5	3,2	0,2	-1,5	-5	-3,3
7	Полтава	21	1000	-3,5	-2,2	3,5	1,2	-1,1	-5,3	-4,5
8	Рівне	22	1050	-3	-2	4,3	1,5	-0,5	-6	-5
9	Суми	18	1100	-3	-2,5	3,1	2	-2,2	-3,5	-5,3
10	Тернопіль	20	1150	-3,4	-3,4	1,2	2,3	-2	-3	-6
11	Харків	21	1200	-4,6	-2,1	0,6	3,2	-2,5	-3	-3,5
12	Луганськ	22	1250	-5,8	-1,5	0,5	3,5	-3,4	-3,4	-3
13	Херсон	18	1300	-4,4	-1,1	0,6	4,3	-2,1	-4,6	-3
14	Чернігів	20	1350	-6,1	-0,5	0,4	3,1	-1,5	-5,8	-3,4
15	Черкаси	21	1400	-7,1	-1,3	0,3	1,2	-1,1	-4,4	-4,6
16	Ів.Франківськ	22	1450	-5,2	-1,0	0,2	0,6	-0,5	-6,1	-5,8
17	Чернівці	18	1500	-4,7	-2	-0,3	0,5	-1,3	-7,1	-4,4
18	Хмельницький	20	1550	-6,6	-2,4	-0,4	0,6	-1,0	-7,2	-6,1
19	Вінниця	21	1600	-7,6	-3,2	0,4	1,7	-2	-5,8	-7,3
20	Дніпро	22	1650	-8,2	-3,4	0,6	2,4	-2,4	-6,4	-9,3

Завдання 1.3

№	Місяць ОП	Показання за попередній рік			Показання за попередній рік		
		Теплоспоживання $Q_{\text{рік}}$, Гкал/рік		Темпе- ратура	Теплоспоживання $Q_{\text{рік}}$, Гкал/рік		Темпе- ратура
		ДНЗ	школи	t_z , °C	ДНЗ	школи	t_z , °C
1	Жовтень	5000	7000	+2	6000	8000	-3
2	Листопад	5500	6500	+3	6200	8500	-3,3
3	Грудень	6000	6800	+1	6700	8800	-3,8
4	Січень	6200	7300	+1,5	7000	8200	-4
5	Лютий	6700	7500	+1,4	8500	9500	-5
6	Березень	7000	8000	+1,8	8600	9000	-3,0
7	Квітень	8500	9500	+2,3	8700	11500	-1
8	Жовтень	8600	9800	+2,6	9050	12800	-1,6
9	Листопад	8700	9900	+2,1	9000	11900	-3,2
10	Грудень	9050	10500	+2,6	10500	12600	-5
11	Січень	7000	8000	+3,0	8800	9050	-6
12	Лютий	6500	7500	+0,5	7300	8500	-4
13	Березень	6800	7800	+0,8	7500	9700	-1,4
14	Квітень	7300	8900	+3,0	8000	10100	-0,5
15	Жовтень	7500	8600	+2,1	9500	11000	-0,7
16	Листопад	8000	9050	+2,4	9800	11300	-2,4
17	Грудень	9500	10500	+2,6	9900	11500	-4,8
18	Січень	9800	10700	+2,8	10500	12000	-5,4
19	Лютий	9900	10100	+2,4	10800	12400	-6,1
20	Березень	10500	12000	+2,7	12000	13400	-1,6

Примітка: місто приймати за таблицею вихідних даних для завдання 1.2.

Завдання 2.1.1

№	Місто	$t_{\text{вн}},$ °C	Шар 1		Шар 2
			Матеріал	$\delta l,$ см	Матеріал
1	Львів	20	Керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	40	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна густиною 100 кг/м ³
2	Миколаїв	21	Керамічної порожнистої густиною 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	45	Плити пінополістирольні екструзійні густиною 30 кг/м ³
3	Одеса	22	Керамічної порожнистої густиною 1000 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	50	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна густиною 125 кг/м ³
4	Полтава	18	Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м ³ (брутто)	45	Плити пінополістирольні екструзійні густиною 35 кг/м ³
5	Рівне	20	Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 850 кг/м ³ (брутто)	50	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна густиною 150 кг/м ³
6	Суми	21	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1000 кг/м ³	40	Вироби пінополістирольні густиною 15 кг/м ³
7	Тернопіль	22	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1200 кг/м ³	45	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна густиною 175 кг/м ³
8	Харків	18	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1400 кг/м ³	50	Вироби пінополістирольні густиною 25 кг/м ³
9	Луганськ	20	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1200 кг/м ³	40	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна густиною 200 кг/м ³
10	Херсон	21	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1400 кг/м ³	45	Вироби пінополістирольні густиною 35 кг/м ³
11	Чернігів	22	Керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	50	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна густиною 225 кг/м ³
12	Черкаси	18	Керамічної порожнистої густиною 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	40	Вироби пінополістирольні густиною 50 кг/м ³
13	Ів.Франківськ	20	Керамічної порожнистої густиною 1000 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	45	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна густиною 10 кг/м ³

14	Чернівці	21	Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м ³ (брутто)	50	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту густиною 40 кг/м ³
15	Хмельницький	22	Кладка з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 850 кг/м ³ (брутто)	40	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна густиною 15 кг/м ³
16	Київ	18	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1000 кг/м ³	45	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту густиною 50 кг/м ³
17	Кропивницький	20	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1200 кг/м ³	50	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна густиною 20 кг/м ³
18	Луганськ	21	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1400 кг/м ³	40	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту густиною 100 кг/м ³
19	Львів	22	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1200 кг/м ³	45	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна густиною 35 кг/м ³
20	Миколаїв	18	Бетон на доменних гранульованих шлаках густиною 1400 кг/м ³	50	Целюлозний утеплювач густиною 100 кг/м ³

Примітки:

- 1) Третій шар для усіх варіантів - штукатурка з цементно-піщаного розчину товщиною 1 см.
- 2) Площу стіни для усіх варіантів прийняти 100 м².
- 3) Тариф на централізоване теплопостачання прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників теплоти) для відповідного міста.
- 4) Паливо для індивідуального джерела опалення – природний газ з теплотворною здатністю $Q_H^p = 8100 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3}$, вартість якого прийняти згідно з офіційними даними.
- 5) ККД індивідуального котла прийняти 95%.

Завдання 2.1.2

№	Місто	Кількість вузлів	Площа стін, м ²	Ширина ребра, см	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К)	Довжина ребра, м
1	Черкаси	25	3000	20	0,25	21
2	Ів.Франківськ	27	3050	30	0,28	22
3	Чернівці	29	3100	40	0,3	23
4	Хмельницький	31	3150	50	0,35	24
5	Київ	33	3200	25	0,33	25
6	Кропивницький	35	3250	35	0,32	26
7	Луганськ	37	3300	45	0,31	27
8	Львів	39	3350	55	0,29	15
9	Миколаїв	41	3400	20	0,28	16
10	Львів	44	3450	30	0,27	17
11	Миколаїв	46	3500	40	0,26	18
12	Одеса	48	3550	50	0,25	19
13	Полтава	50	3600	25	0,25	20
14	Рівне	42	3650	35	0,28	14
15	Суми	43	3700	45	0,3	13
16	Тернопіль	47	3750	55	0,35	12
17	Харків	45	3800	30	0,33	15
18	Луганськ	43	3850	35	0,32	17
19	Херсон	38	3900	40	0,31	19
20	Чернігів	36	3950	50	0,29	20

Примітка:

- 1) Опір теплопередачі однорідної частини зовнішньої стіни потрібно розрахувати, приймаючи склад стіни за умовами задачі 2.1.1.

Завдання 2.1.3

№	Тип конструкції зовнішньої стіни	Товщина ізоляції, мм	Площа огороження, м ²	Коеф. тепло-передачі стіни, К, Вт/(м ² ·К)	Протяжність вікна в зоні	
					підвіконня, перемички	рядового сполучення
1	Цегляна з опорядженням штукатуркою	120	30	0,2	1,5	3
2	З ніздрюватого бетону	300	35	0,25	1,6	3,1
3	Цегляна з вентиляльованим повітряним прошарком	200	40	0,3	1,7	3,2
4	Цегляна з вентиляльованим повітряним прошарком	150	45	0,35	1,8	3,3
5	З ніздрюватого бетону	300	50	0,4	1,9	3,4
6	Цегляна з опорядженням штукатуркою	180	55	0,22	2	3,5
7	Цегляна з опорядженням штукатуркою	120	60	0,24	2,1	3
8	З ніздрюватого бетону	300	65	0,26	2,2	3,1
9	Цегляна з опорядженням штукатуркою	150	70	0,28	2,3	3,2
10	Цегляна з вентиляльованим повітряним прошарком	200	75	0,32	2,4	3,3
11	Цегляна з опорядженням штукатуркою	120	80	0,34	2,5	3,4
12	З ніздрюватого бетону	300	85	0,36	2,6	3,5
13	Цегляна з вентиляльованим повітряним прошарком	200	90	0,38	2,7	3
14	Цегляна з вентиляльованим повітряним прошарком	150	95	0,2	2,8	3,1
15	З ніздрюватого бетону	300	100	0,25	2,9	3,2
16	Цегляна з опорядженням штукатуркою	180	110	0,3	3	3,3
17	Цегляна з опорядженням штукатуркою	120	120	0,35	2	3,4
18	З ніздрюватого бетону	300	130	0,4	2,1	3,5
19	Цегляна з опорядженням штукатуркою	150	140	0,22	2,2	3,4
20	Цегляна з вентиляльованим повітряним прошарком	200	150	0,24	2,3	3,2

Примітки:

- 1) Температурну зону обрати наступним чином:
 - усі парні варіанти – зона І,
 - усі непарні варіанти – зона ІІ.

Завдання 2.1.4

Вихідні дані для прикладу 1

Визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог, вихідні дані прийняти за табл.Д.1 та Д.2.

Дюбелі – пластикові з *пластиковим стрижнем*.

Вихідні дані для прикладу 2

Визначити мінімально допустиму товщину теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних вимог, вихідні дані прийняти за табл.Д.1 та Д.2.

Склад стіни – 4 шари, де шар 1 – внутрішня штукатурка аналогічно прикладу 2, шари 1,2,3 – за варіантом.

Розміри будівлі 10*10м, висота будівлі 4 м.

Вхідні двері розмірами 1,3*2,2, вікна розмірами 2*2 - 6 шт,

Світлопрозора фасадна система розмірами 4*4 м.

Дюбелі – пластикові з *металевим стрижнем*.

Таблиця Д.1

Перша Цифра варіанту	Місто N	Розміри, м		Друга цифра варіанту	Огородження Тип (з табл.Д.2.) / товщина, мм		
		стіни А*В	вікна С*D		Шар 1	Шар 2	Шар 3
1	Полтава	6*7	2*2	1	1/300	1/150	1/20
2	Житомир	5*4	1,5*1	2	2/400	2/200	2/20
3	Ужгород	3*3	1*1,5	3	3/500	3/180	3/15
4	Запоріжжя	5,5*3	1,5*1,5	4	4/300	4/150	4/10
5	Ів.-Франківськ	6,5*3,2	2*2	5	5/400	5/200	5/20
6	Хмельницький	4,5*4	1,5*1	6	6/500	6/150	6/15
7	Луганськ	5,8*3	1*1,5	7	7/300	7/150	7/10
8	Львів	6,4*3,8	1,5*1,5	8	8/400	8/150	8/20
9	Миколаїв	6*4	2,5*2	9	9/500	9/150	9/15
0	Одеса	6,5*3,5	2*2,2	0	10/400	10/200	10/20

Таблиця Д.2

Тип	Шар 1 Бетон ніздрюватий, густиною, кг/м3	Шар 2 - Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна густиною, кг/м3	Шар 3
1	1200	30	Розчин вапняно-піщаний
2	1100	40	Розчин складний
3	1000	50	Розчин цементно-піщаний
4	900	75	Розчин вапняно-піщаний
5	800	100	Розчин складний
6	700	125	Розчин цементно-піщаний
7	600	150	Розчин вапняно-піщаний
8	500	175	Розчин складний
9	400	200	Розчин цементно-піщаний
10	350	225	Розчин вапняно-піщаний

Завдання 2.2

№	Місто	Площа вікон, м ²	Кондиціонований об'єм, V, м ³	t _{вн} , °C	Тип вікон
1	Чернівці	120	1200	20	Одинарне застклення в дерев'яних плетіннях
2	Донецьк	130	1400	21	Блоки скляні пустотілі розмірами 194×194×98мм з шириною швів 6 мм
3	Київ	140	1600	22	Подвійне застклення в дерев'яних сполучених плетіннях
4	Кропивницький	150	1800	18	Подвійне застклення в металевих сполучених плетіннях
5	Луганськ	160	2000	20	Подвійне застклення в дерев'яних відокремлених плетіннях
6	Львів	170	2200	21	Подвійне застклення в металевих відокремлених плетіннях
7	Миколаїв	180	2400	22	Подвійне застклення вітрин в металевих відокремлених переплітах
8	Львів	190	2500	18	Потрійне застклення в дерев'яних плетіннях (сполучений та одинарний)
9	Миколаїв	200	2600	20	Потрійне застклення в металевих плетіннях (сполучений та одинарний)
10	Одеса	210	2700	21	Блоки скляні пустотілі розмірами 194×194×98мм з шириною швів 6 мм
11	Полтава	220	2800	22	Те ж саме розмірами 244×244×98мм з шириною швів 6 мм
12	Рівне	230	2900	18	Двошарові склопакети в дерев'яних плетіннях
13	Суми	240	3000	20	Двошарові склопакети в металевих плетіннях
14	Тернопіль	250	3100	21	Двошарові склопакети та одинарне застклення в відокремлених дерев'яних плетіннях
15	Харків	260	3200	22	Двошарові склопакети та одинарне застклення в відокремлених металевих плетіннях
16	Луганськ	270	3300	18	Подвійне застклення в дерев'яних сполучених плетіннях
17	Херсон	280	3400	20	Подвійне застклення в металевих сполучених плетіннях
18	Чернігів	290	3500	21	Подвійне застклення в дерев'яних відокремлених плетіннях
19	Черкаси	300	3600	22	Подвійне застклення в металевих відокремлених плетіннях
20	Ів.Франківськ	310	3700	18	Подвійне застклення вітрин в металевих відокремлених переплітах

Завдання 2.3

№	Місто	Тип будівлі	Площа поверхні, м ²	Товщина гравію на бітумі, δг, см
1	Полтава	Офісний центр	150	210
2	Рівне	Торгівельний центр	160	180
3	Суми	Бібліотека	170	190
4	Тернопіль	Навчальний корпус	180	220
5	Харків	Школа	190	230
6	Луганськ	Дитячий садок	200	140
7	Херсон	Адміністрація	210	150
8	Чернігів	Їдальня	220	160
9	Чернівці	Кафе	230	170
10	Донецьк	Житловий будинок	240	180
11	Київ	Офісний центр	250	190
12	Черкаси	Торгівельний центр	260	220
13	Ів.Франківськ	Бібліотека	270	230
14	Кропивницький	Навчальний корпус	280	140
15	Луганськ	Магазин	290	150
16	Львів	Дитячий садок	100	160
17	Миколаїв	Адміністрація	110	170
18	Львів	Їдальня	120	180
19	Миколаїв	Технікум	140	190
20	Одеса	Школа		210

Примітки:

- 1) Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря за додатком 1 відповідно до призначення будівлі.
- 2) Прийняти третій шар існуючого даху: гравій на бітумі з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_r=0,2$ Вт/(м·К).
- 3) Прийняти у якості утеплювача шар керамзиту з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{кер}=0,08$ Вт/(м·К), інші верхні шари аналогічно умові задачі;
- 4) Тариф на централізоване тепlopостачання прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників теплоти) для відповідного міста.
- 5) Вартість проведення утеплення даху приймати згідно діючих на момент виконання розрахунку ринкових цін на обладнання та виконання будівельно-монтажних та налагоджувальних робіт, наприклад:
 - за даними Асоціації енергаудиторів [11],
 - за даними, вказаними у енергетичних сертифікатах будівель, внесених у офіційну базу даних;
 - за даними закупівель відповідних послуг та обладнання у електронній системі Prozorro.

Завдання 3.1

№	Місто	Тип будівлі	Q_o^{max} Гкал/год	$Q_{гвп}^c$ Гкал/год	a, діб	m, год
1	Рівне	Магазин	1	0,5	53	10
2	Суми	Офісний центр	1,1	0,6	54	11
3	Тернопіль	Торгівельний центр	1,2	0,7	55	12
4	Харків	Бібліотека	1,3	0,8	52	13
5	Луганськ	Навчальний корпус	1,4	0,9	50	10
6	Херсон	Школа	1,5	1	53	8
7	Чернігів	Дитячий садок	1,6	1,1	54	9
8	Чернівці	Адміністрація	1,7	1,2	55	10
9	Донецьк	Їдальня	1,8	1,3	52	11
10	Київ	Кафе	1,9	1,4	50	12
11	Черкаси	Магазин	2	1,5	53	13
12	Ів.Франківськ	Офісний центр	2,1	1,6	54	10
13	Кропивницький	Торгівельний центр	2,2	1,7	55	8
14	Луганськ	Бібліотека	2,3	1,8	52	9
15	Львів	Навчальний корпус	2,4	1,9	50	10
16	Миколаїв	Школа	2,5	2	53	11
17	Львів	Дитячий садок	2,6	2,1	54	12
18	Миколаїв	Адміністрація	2,7	2,2	55	13
19	Одеса	Їдальня	2,8	2,3	52	10
20	Полтава	Технікум	2,9	2,4	50	8

Примітки:

- 6) Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря за додатком 1 відповідно до призначення будівлі.
- 7) Прийняти температуру в неробочі години на 3 градуси нижче, ніж $t_{вн}$.
- 8) Тариф на централізоване теплопостачання прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників теплоти) для відповідного міста.
- 9) Вартість проведення модернізації ІТП приймати згідно діючих на момент виконання розрахунку ринкових цін на обладнання та виконання будівельно-монтажних та налагоджувальних робіт, наприклад:
 - за даними Асоціації енергаудиторів [11],
 - за даними, вказаними у енергетичних сертифікатах будівель, внесених у офіційну базу даних;
 - за даними закупівель відповідних послуг та обладнання у електронній системі Prozorro.

Завдання 3.2

№	Місто	Тип приміщення	$R_{ст}, \text{м}^2\text{К/Вт}$	$R_{реф}, \text{м}^2\text{К/Вт}$	Товщина утеплювача, мм	$t_{под}/t_{звор}, ^\circ\text{C}$	Кіль. секцій
1	Луганськ	Житлова	0,8	1,2	3	80/65	600
2	Львів	Готель	0,81	1,25	2,5	85/65	650
3	Миколаїв	Магазин	0,82	1,3	3	90/65	700
4	Львів	Офісний центр	0,83	1,35	4	85/70	610
5	Миколаїв	Торгівельний центр	0,84	1,4	5	90/70	620
6	Одеса	Бібліотека	0,85	1,1	3	95/70	630
7	Полтава	Навчальний корпус	0,86	1,15	2,5	80/65	640
8	Чернівці	Школа	0,87	1,2	3	85/65	660
9	Донецьк	Дитячий садок	0,88	1,25	4	90/65	670
10	Київ	Адміністрація	0,89	1,3	5	85/70	680
11	Черкаси	Їдальня	0,9	1,35	3	90/70	690
12	Ів.Франківськ	Кафе	0,91	1,4	2,5	95/70	500
13	Кропивницький	Магазин	0,92	1,1	3	80/65	510
14	Рівне	Офісний центр	0,93	1,15	4	85/65	520
15	Суми	Торгівельний центр	0,94	1,2	5	90/65	530
16	Тернопіль	Бібліотека	0,95	1,25	3	85/70	540
17	Харків	Навчальний корпус	0,96	1,3	2,5	90/70	550
18	Луганськ	Школа	0,97	1,35	3	95/70	560
19	Херсон	Дитячий садок	0,98	1,4	4	85/65	570
20	Чернігів	Адміністрація	0,99	1,1	5	90/65	580

Примітки:

- 1) Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря за додатком 1 відповідно до призначення будівлі.
- 2) Тариф на централізоване теплопостачання прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників теплоти) для відповідного міста.
- 3) Витрати на введення в експлуатацію приймати згідно діючих на момент виконання розрахунку ринкових цін.

Завдання 3.3

№	Місто	Тип будівлі	Q_o^p , Гкал/год	$\overline{Q}_{\text{поб}}$, долей	Розташування фасадів
1	Одеса	Їдальня	0,5	0,1	Пн та Пд
2	Полтава	Кафе	0,55	0,11	ПнСх та ПдЗ
3	Чернівці	Магазин	0,6	0,12	ПнЗ та ПдСх
4	Донецьк	Офісний центр	0,65	0,13	Сх та З
5	Генічеськ	Торгівельний центр	0,7	0,14	Пн та Пд
6	Хмельницький	Бібліотека	0,75	0,07	ПнСх та ПдЗ
7	Львів	Навчальний корпус	0,8	0,08	ПнЗ та ПдСх
8	Миколаїв	Школа	0,85	0,09	Сх та З
9	Львів	Дитячий садок	0,9	0,13	Пн та Пд
10	Миколаїв	Адміністрація	0,95	0,14	ПнСх та ПдЗ
11	Черкаси	Житлова	0,45	0,1	ПнЗ та ПдСх
12	Ів.Франківськ	Готель	0,43	0,11	Сх та З
13	Кропивницький	Магазин	0,42	0,12	Пн та Пд
14	Рівне	Офісний центр	0,4	0,13	ПнСх та ПдЗ
15	Суми	Торгівельний центр	0,38	0,14	ПнЗ та ПдСх
16	Тернопіль	Бібліотека	0,36	0,07	Сх та З
17	Харків	Навчальний корпус	0,34	0,08	Пн та Пд
18	Луганськ	Школа	0,32	0,09	ПнСх та ПдЗ
19	Херсон	Дитячий садок	0,3	0,12	ПнЗ та ПдСх
20	Чернігів	Адміністрація	0,2	0,11	Сх та З

Примітки:

- 1) Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря за додатком 1 відповідно до призначення будівлі.
- 2) За розрахункову швидкість прийняти швидкість вітру 5 м/с.

Завдання 3.4

№	Місто	Розташування фасаду	Час відкривання воріт, хв
1	Генічеськ	Пн	2
2	Хмельницький	Пд	3
3	Львів	З	4
4	Миколаїв	Сх	5
5	Львів	ПнСх	6
6	Миколаїв	ПнЗ	2
7	Черкаси	ПдСх	3
8	Ів.Франківськ	ПдЗ	4
9	Кропивницький	Пн	5
10	Рівне	Пд	6
11	Суми	З	2
12	Тернопіль	Сх	3
13	Харків	ПнСх	4
14	Луганськ	ПнЗ	5
15	Херсон	ПдСх	6
16	Чернігів	ПдЗ	2
17	Одеса	Пн	3
18	Полтава	Пд	4
19	Чернівці	З	5
20	Донецьк	Сх	6

Примітки:

- 1) Внутрішню температуру приймати наступним чином:
 - усі парні варіанти: 18 °С,
 - усі непарні варіанти: 20 °С.
- 2) Розміри воріт приймати:
 - усі парні варіанти: 3х3,
 - усі непарні варіанти: 4х4.
- 3) Розрахункова швидкість вітру – 5 м/с, середню швидкість прийняти за додатком 9, враховуючи орієнтацію фасаду.
- 4) Коефіцієнт витрати $K_q=0,3$.

Завдання 3.5

№	Місто	Висота, Н, м	Шири- на, В,м	Кіль- кість дверей	Ефек- тивна висота стру- меню, h, м	Розта- шу- ван- ня фаса ду	кут випус- кання повітря- ного потoku, α, град	Розташу- вання припливної решітки	Темпе- ратура нарітого повітря, оС
1	Ів.Франківськ	2	1	1	1,5	Пн	30	однобічне	30
2	Луганськ	2,1	0,9	2	1,6	Пд	35	двобічне	31
3	Херсон	2,2	1	3	1,7	З	40	однобічне	32
4	Чернігів	2	1	2	1,8	Сх	45	двобічне	33
5	Одеса	2	0,9	2	1,9	ПнС х	30	однобічне	34
6	Кропив- ницький	2,1	1	1	2	ПнЗ	35	двобічне	35
7	Рівне	2,2	1	1	2,1	ПдС х	40	однобічне	36
8	Хмель- ницький	2,2	0,9	2	1,5	ПдЗ	45	двобічне	37
9	Суми	2,3	1	2	1,6	Пн	30	однобічне	38
10	Тернопіль	2,1	1	3	1,7	Пд	35	двобічне	39
11	Харків	2,2	0,9	2	1,8	З	40	однобічне	40
12	Полтава	2,3	1	1	1,9	Сх	45	двобічне	30
13	Чернівці	2	1	1	2	ПнС х	30	однобічне	31
14	Донецьк	2	0,9	3	2,1	ПнЗ	35	двобічне	32
15	Одеса	2	1	1	1,5	ПдС х	40	однобічне	33
16	Луганськ	2,1	1	2	1,6	ПдЗ	45	двобічне	34
17	Рівне	2,2	0,9	1	1,7	Пн	30	однобічне	35
18	Чернігів	2,3	1	3	1,8	Пд	35	двобічне	36
19	Херсон	2	1	1	1,9	З	40	однобічне	37
20	Вінниця	2	0,9	2	2	Сх	45	двобічне	38

Примітки:

- 1) Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря 20°C.
- 2) Тариф на централізоване теплопостачання прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників теплоти) для відповідного міста.
- 3) Витрати на введення в експлуатацію приймати згідно діючих на момент виконання розрахунку ринкових цін.

ДОДАТОК 1

Розрахункові значення температури та вологості повітря в приміщеннях (для теплотехнічних розрахунків) [3]

Призначення будівлі	Розрахункова температура внутрішнього повітря t_v , °C	Розрахункове значення відносної вологості ϕ_v , %
Житлові будівлі та готелі	20	55
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси, заклади торгівлі	20	50
Навчальні заклади та заклади охорони здоров'я	21	50
Дитячі дошкільні заклади	22	50
Примітка. При проектуванні допускається розрахункові параметри температури й вологості повітря приймати з урахуванням положень відповідних будівельних норм за типами будівель і споруд.		

Примітка: за ДСТУ В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»

ДОДАТОК 2

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої, α_v , та зовнішньої, α_z , поверхонь огорожувальної конструкції [3]

№	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м² К)	
		α_v	α_z
1	Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	8,7	23
2	Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
3	Горищні покриття та перекриття, перекриття над неопалювальними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентильованим повітряним прошарком, що вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	12
4	Горищні перекриття та перекриття над неопалювальними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	6
5	Вікна, двері балконні та входні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
6	Зенітні ліхтарі	9,9	23

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



Розрахункові температури зовнішнього повітря різних міст України [2]

№	Місто	Температура середня місячна												Сер. за рік	Розрахункова темпер.	Період із середньою добовою температурою повітря					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			≤ 8°С		≤ 10° С		≥ 21° С	
																дiб	Середня темп	дiб	Середня темп	дiб	Середня темп.
1	Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5	8	-22	176	-0,1	195	0,7	-	-
2	Сімферополь	-0,3	0,4	3,7	10,1	15,1	19,2	21,8	21,3	16,7	11,0	6,1	2,1	10,6	-15	154	2,6	175	3,5	61	21,8
3	Ялта	4,1	4,2	6,0	10,6	15,7	19,8	23,6	23,2	19,0	13,6	9,5	6,1	13,0	-6	126	5,3	152	6,1	83	23,0
4	Вінниця	-5,1	-3,8	0,5	8,1	14,2	17,2	18,7	18,0	13,3	7,6	1,8	-2,9	7,3	-21	182	-0,2	202	0,6	-	-
5	Луцьк	-4,2	-3,0	1,1	8,1	13,9	16,9	18,4	17,7	13,2	7,9	2,4	-2,4	7,5	-20	180	0,3	201	1,1	-	-
6	Дніпро	-4,7	-3,8	1,1	9,6	16,0	19,6	21,6	20,7	15,4	8,6	2,2	-2,5	8,7	-24	172	-0,2	188	0,6	57	21,6
7	Кривий Ріг	-4,3	-3,3	1,6	9,6	15,8	19,4	21,5	20,7	15,5	8,9	2,7	-2,0	8,8	-17	171	0,2	188	1,0	55	21,5
8	Донецьк	-5,2	-4,4	0,7	9,4	15,4	19,0	21,2	19,8	14,9	8,0	1,8	-2,9	8,1	-22	176	-0,5	192	0,3	47	21,3
9	Житомир	-5,1	-4,0	0,4	7,9	14,0	17,1	18,5	17,7	13,0	7,4	1,7	-2,8	7,2	-22	184	-0,2	203	0,5	-	-
10	Ужгород	-2,4	-0,2	4,7	10,8	15,8	18,7	20,3	19,8	15,5	10,2	4,7	-0,5	9,8	-18	154	1,4	175	2,5	28	20,7
11	Запоріжжя	-3,5	-2,6	2,0	10,1	16,4	20,2	22,4	21,4	16,2	9,6	3,5	-1,1	9,6	-21	166	0,6	182	1,4	69	22
12	Ів.-Франківськ	-4,3	-2,6	1,7	8,1	13,6	16,7	18,3	17,7	13,4	8,0	2,5	-2,4	7,6	-20	179	0,4	200	1,2	-	-
13	Кропивницький	-4,9	-3,9	0,8	9,1	15,2	18,6	20,4	19,7	14,7	8,2	2,1	-2,6	8,1	-22	175	-0,3	192	0,5	32	20,8
14	Луганськ	-5,0	-4,2	1,1	10,1	16,1	19,9	22,0	20,7	15,1	8,2	2,2	-2,5	8,6	-25	172	-0,4	188	0,4	61	21,7
15	Львів	-4,0	-2,7	1,4	7,9	13,4	16,3	17,7	17,2	13,0	8,0	2,5	-2,2	7,4	-19	179	0,4	201	1,2	-	-
16	Миколаїв	-2,6	-1,6	2,8	10,2	16,4	20,3	22,7	22,0	16,8	10,4	4,2	-0,4	10,1	-20	161	1,1	178	2,0	75	22,3
17	Одеса	-1,3	-0,6	2,9	9,2	15,3	19,6	22,0	21,6	17,0	11,3	5,8	1,1	10,3	-18	158	2,0	178	3,0	65	21,9
18	Полтава	-5,6	-4,7	0,3	9,0	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	-3,4	7,8	-23	178	-0,8	195	0,0	31	10,8
19	Рівне	-4,6	-3,4	0,7	8,0	13,8	16,7	18,2	17,5	13,1	7,7	2,1	-2,6	7,3	-21	182	0,1	202	0,8	-	-
20	Суми	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13,0	6,7	0,4	-4,3	6,8	-25	187	-1,4	204	-0,6	-	-
21	Тернопіль	-5,0	-3,7	0,4	7,6	13,5	16,4	17,8	17,2	12,8	7,5	1,8	-3,1	6,9	-20	184	-0,2	205	0,6	-	-
22	Харків	-5,9	-5,1	0,0	9,0	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1,0	-3,7	7,6	-23	179	-1,0	196	-0,2	37	20,9
23	Херсон	-2,5	-1,6	2,8	10,1	16,1	20,0	22,4	21,6	16,5	10,1	4,3	-0,2	10,0	-19	163	1,3	181	2,2	69	22,1
24	Хмельницький	-4,9	-3,6	0,6	7,9	13,9	16,8	18,4	17,7	13,1	7,6	1,9	-2,9	7,2	-21	183	-0,1	203	0,7	-	-
25	Черкаси	-5,0	-4,0	0,7	8,9	15,2	18,4	20,1	19,3	14,2	7,9	2,0	-2,7	7,9	-21	178	-0,3	195	0,5	18	20,6
26	Чернівці	-4,1	-2,4	2,0	8,9	14,5	17,6	19,1	18,4	14,1	8,7	2,7	-2,1	8,1	-20	175	0,5	196	1,4	-	-
27	Чернігів	-5,9	-4,9	-0,1	8,0	14,4	17,6	19,2	18,1	12,9	6,9	1,0	-3,5	7,0	-23	187	-0,9	204	-0,2	-	-
28	Умань	-4,8	-3,7	0,9	8,7	14,6	17,8	19,4	18,6	13,6	7,7	2,0	-2,5	7,7	-20	179	-0,1	197	0,7	-	-
29	Феодосія	1,2	1,6	4,6	10,6	16,1	20,8	23,2	23,1	18,4	12,6	7,6	3,8	12,0	-15	142	3,6	163	4,3	83	23,3
30	Ковель	-3,9	-2,7	1,3	8,1	13,9	16,9	18,2	17,6	13,0	7,9	2,5	-1,9	7,6	-21	177	0,4	199	1,2	-	-

ДОДАТОК 5

РОЗРАХУНКОВІ ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ [4, дод. А]

Ч.ч.	Назва матеріалу	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст вологи за масою в умовах експлуатації w, %		Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				
		густина ρ ₀ , кг/м ³	питома теплоємність c ₀ , кДж/(кг·К)	теплопро-відність λ ₀ Вт/(м·К)			теплопровідність λ _p , Вт/(м·К)		коефіцієнт теплотасвоєння s, Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропро-никності μ, мг/(м·год·Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ											
1.1 Волокнисті матеріали											
1	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	30	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,050	0,29	0,31	0,55
		40	0,84	0,039	0,5	1,0	0,046	0,049	0,34	0,35	0,53
		50	0,84	0,038	0,5	1,0	0,044	0,048	0,37	0,39	0,52
		75	0,84	0,037	0,5	1,0	0,043	0,047	0,45	0,48	0,50
		100	0,84	0,038	0,5	1,0	0,044	0,048	0,53	0,56	0,47
		125	0,84	0,038	0,5	1,0	0,045	0,049	0,59	0,63	0,43
		150	0,84	0,039	0,5	1,0	0,048	0,050	0,67	0,69	0,38
		175	0,84	0,039	0,5	1,0	0,049	0,052	0,73	0,76	0,35
		200	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,053	0,79	0,83	0,31
		225	0,84	0,040	0,5	1,0	0,050	0,054	0,84	0,88	0,30

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна	10	0,84	0,044	1	3	0,055	0,057	0,19	0,20	0,70
		15	0,84	0,040	1	3	0,050	0,052	0,22	0,23	0,65
		20	0,84	0,037	1	3	0,047	0,050	0,25	0,27	0,60
		35	0,84	0,035	1	3	0,044	0,047	0,31	0,34	0,53
		70	0,84	0,032	1	3	0,042	0,045	0,43	0,47	0,45
1.2 Полімерні матеріали											
3	Вироби пінополістирольні	15	1,34	0,040	2	10	0,045	0,055	0,28	0,33	0,05
		25	1,34	0,038	2	10	0,043	0,053	0,34	0,40	0,05
		35	1,34	0,037	2	10	0,041	0,050	0,40	0,46	0,05
		50	1,34	0,034	2	10	0,040	0,045	0,46	0,53	0,05
4	Плити пінополістирольні екструзійні	30	1,45	0,034	0,5	1	0,035	0,036	0,34	0,34	0,008
		35	1,45	0,035	0,5	1	0,036	0,037	0,37	0,38	0,008
5	Вироби з жорсткого пінополіуретану	40	1,47	0,029	2	5	0,040	0,040	0,40	0,42	0,05
		60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
		80	1,47	0,041	2	5	0,050	0,050	0,67	0,70	0,05
6	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту	40	1,68	0,038	5	20	0,041	0,060	0,48	0,66	0,23
		50	1,68	0,041	5	20	0,050	0,064	0,59	0,77	0,23
		100	1,68	0,047	5	20	0,052	0,076	0,85	1,18	0,15
7	Вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної смоли	15	1,68	0,047	7	30	0,058	0,064	0,27	0,34	0,51
		25	1,68	0,043	7	30	0,063	0,074	0,36	0,47	0,42
		30	1,68	0,041	7	30	0,070	0,085	0,42	0,56	0,40
8	Вироби зі спіненого пінополіетилену	30	1,34	0,043	2	5	0,044	0,047	0,30	0,33	0,02
		50	1,34	0,039	2	5	0,042	0,045	0,38	0,41	0,02
9	Вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену	30	1,34	0,038	2	5	0,042	0,043	0,38	0,40	0,02

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.3 Вироби з природної органічної та неорганічної сировини											
10	Вироби перлітофосфогельові	200	1,05	0,064	3	12	0,070	0,090	1,10	1,43	0,23
		300	1,05	0,076	3	12	0,080	0,120	1,43	2,02	0,20
11	Блоки полістиролбетонні стінові	200	1,06	0,065	4	8	0,070	0,080	1,12	1,28	0,12
		300	1,06	0,085	4	8	0,090	0,110	1,55	1,83	0,10
		600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,200	3,07	3,49	0,068
12	Вироби теплоізоляційні перлітоцементні та перлітогіпсові	300	0,84	0,075	10	15	0,098	0,108	0,92	1,26	0,198
		450	0,84	0,086	10	15	0,118	0,202	1,89	2,63	0,18
13	Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні	250	0,84	0,072	10	15	0,083	0,091	1,38	1,55	0,20
		300	0,84	0,082	10	15	0,098	0,110	1,64	1,85	0,15
		400	0,84	0,110	10	15	0,140	0,160	2,26	2,59	0,10
14	Целюлозний утеплювач	35	0,84	0,039	14	20	0,045	0,048	0,41	0,45	0,35
		50	0,84	0,039	14	21	0,048	0,052	0,50	0,57	0,34
		65	0,84	0,041	15	22	0,052	0,056	0,60	0,68	0,34
		100	0,84	0,056	16	24	0,066	0,070	0,85	0,97	0,33
15	Вироби цементополістирольні	250	0,84	0,066	4	8	0,09	0,1	1,29	1,45	0,1
		300	0,84	0,076	4	8	0,10	0,11	1,53	1,74	0,095
		400	0,84	0,096	4	8	0,12	0,15	2,02	2,33	0,08
		500	0,84	0,116	4	8	0,14	0,19	2,53	2,95	0,070
		550	0,84	0,126	4	8	0,15	0,21	2,78	3,28	0,068
16	Вироби перлітобітумні теплоізоляційні	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
		400	1,68	0,111	1	2	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
17	Піноскло	120	0,84	0,045	0,5	1	0,053	0,054	0,63	0,65	0,002
18	Блоки кремнезитоцементні	300	0,84	0,073	3	6	0,08	0,086	1,30	1,43	0,29
		400	0,84	0,083	3	6	0,09	0,096	1,59	1,75	0,23

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		500	0,84	0,093	3	6	0,10	0,11	1,87	2,1	0,17
19	Вироби з арболіту на портландцементі	300	2,30	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,30
		400	2,30	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
		600	2,30	0,12	10	15	0,18	0,23	4,63	5,43	0,11
		800	2,30	0,16	10	15	0,24	0,3	6,17	7,16	0,11
20	Плити теплоізоляційні очеретяні	200	2,30	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
		300	2,30	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
21	Плити деревноволокнисті та деревностружкові	200	2,30	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
		400	2,30	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
		600	2,30	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
		800	2,30	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
		1000	2,30	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
1.4 Бетони теплоізоляційні											
22	Бетони ніздрюваті	200	0,84	0,055	4	6	0,069	0,074	1,01	1,09	0,28
		250	0,84	0,065	4	6	0,078	0,088	1,20	1,32	0,28
		300	0,84	0,080	4	6	0,09	0,10	1,41	1,54	0,26
		350	0,84	0,090	4	6	0,10	0,12	1,60	1,83	0,24
23	Вермикулітобетон	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
		600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
		800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	0,12
1.5 Матеріали теплоізоляційні засипні											
24	Щебінь перлітовий	300	0,84	0,112	1	2	0,115	0,12	1,42	1,51	0,26
25	Гравій шлаковий	300	0,84	0,112	1	3	0,12	0,13	1,56	1,65	0,22
26	Щебінь шлаковий	350	0,84	0,162	1	3	0,17	0,19	2,00	2,16	0,21
27	Вермикулітова засипка	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
		150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,105	1,01	1,16	0,23
		250	0,84	0,070	2	3	0,09	0,11	1,20	1,39	0,20
28	Гравій керамзитовий	200	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,27
		300	0,84	0,11	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
		400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
		600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,2	2,62	2,91	0,23
		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,6	0,21
29	Щебінь шлакопемзовий	400	0,84	0,12	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,26
		500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,25
		600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,70	2,98	0,24
		700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,23
		800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,22
30	Крихта з піноскла	80	0,84	0,06	0,5	1,0	0,070	0,071	0,60	0,62	0,28
31	Пісок для будівельних робіт	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
1.6 Розчини теплоізоляційні											
32	Розчини цементно-перлітові	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
		800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
		1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,30	4,64	5,42	0,15
33	Розчини гіпсоперлітові	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
		500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
34	Розчини цементно-кремнезитові	200	0,84	0,063	4	8	0,072	0,08	1,03	1,17	0,35
		300	0,84	0,073	4	8	0,082	0,09	1,34	1,52	0,29
35	Розчини цементно-шлакові	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
		1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
36	Розчини цементно-пінополістирольні	600	0,84	0,10	4	10	0,12	0,17	2,33	3,06	0,07

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
37	Вироби на основі перліту	320	0,84	0,076	5	8,5	0,091	0,095	1,49	1,63	0,1
		330	0,84	0,080	7,5	11,5	0,096	0,104	1,63	1,82	0,09
		370	0,84	0,096	3,5	7,0	0,107	0,115	1,69	1,87	0,07
		450	0,84	0,106	6,5	11	0,13	0,14	2,14	2,44	0,07
2 КОНСТРУКЦИНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ											
2.1 Бетони ніздрюваті											
38	Бетони ніздрюваті	300	0,84	0,080	4	6	0,09	0,10	1,41	1,54	0,26
		350	0,84	0,090	4	6	0,10	0,12	1,60	1,83	0,24
		400	0,84	0,10	4	6	0,11	0,13	1,84	2,1	0,23
		500	0,84	0,12	4	6	0,15	0,16	2,38	2,48	0,20
		600	0,84	0,14	4	6	0,16	0,18	2,65	2,9	0,17
		700	0,84	0,18	6	8	0,24	0,27	3,66	3,98	0,16
		800	0,84	0,21	6	8	0,27	0,30	4,16	4,51	0,14
		900	0,84	0,24	6	8	0,33	0,36	4,82	5,23	0,12
		1000	0,84	0,29	8	12	0,38	0,44	5,72	6,59	0,11
		1100	0,84	0,34	10	15	0,45	0,51	6,74	7,74	0,1
		1200	0,84	0,38	10	15	0,49	0,55	7,37	8,48	0,09
39	Газо- та пінозолобетон	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,5	6,86	8,01	0,098
		1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
39	Газо- та пінозолобетон	1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
		1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
2.2 Бетони легкі											
40	Керамзитобетон на керамзитовому піску	600	0,84	0,16	5	10	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
		800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
		1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
		1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
		1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

		1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
		1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
41	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
		1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
		1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
42	Керамзитобетон на перлітовому піску	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
		1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
43	Керамзитшлакобетон	1000	0,84	0,25	4	8	0,33	0,41	5,06	5,91	0,15
44	Перлітобетон	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
		800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
		1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
		1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
45	Шлакопемзобетон	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
		1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
		1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
		1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
46	Бетон на доменних гранульованих шлаках	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
		1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
		1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
47	Бетон на зольному гравії	1000	0,84	0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
		1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
		1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
2.3 Вироби гіпсові											
48	Плити з гіпсу	1000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11
		1200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,7	0,1
49	Листи гіпсокартонні	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.4 Вироби бетонні											
50	Блоки кремнезитоцементні	700	0,84	0,2	4	8	0,21	0,23	3,28	3,63	0,19
		800	0,84	0,21	4	8	0,22	0,24	3,59	4,05	0,17
		1000	0,84	0,23	4	8	0,23	0,27	4,28	4,81	0,13
		1200	0,84	0,25	4	8	0,27	0,29	4,87	5,45	0,11
2.5 Деревина та вироби з неї											
51	Сосна та ялина поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
52	Сосна та ялина вздовж волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
53	Дуб поперек волокон	700	2,3	0,10	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
54	Дуб вздовж волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
55	Фанера клеєна	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
56	Картон облицювальний	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
57	Картон будівельний багатошаровий	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
2.6 Цегляна кладка з порожнистої цегли											
58	Керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
59	Керамічної порожнистої густиною 1300 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
60	Керамічної порожнистої густиною 1000 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
2.7 Кладка з виробів бетонних											
61	3 блоків керамзитошлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м³ (брутто)	1350	0,88	0,31	1	2	0,37	0,43	5,06	5,91	0,15
62	3 блоків керамзитошлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 850 кг/м³ (брутто)	1400	0,88	0,34	1	2	0,46	0,51	5,95	6,41	0,15
63	3 блоків кремнезитоцементних на вапняному розчині із сіопорового та кварцового піску	400	0,88	0,085	3	6	0,09	0,092	1,62	1,74	0,22

Продовження таблиці А. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3 МАТЕРІАЛИ КОНСТРУКЦІЙНІ											
3.1 Бетони конструкційні											
64	Залізобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
65	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
3.2 Розчини будівельні											
66	Розчин вапняно-піщаний	1600	0,84	0,47	2	4	0,70	0,81	8,69	9,76	0,12
67	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,70	0,87	8,95	10,42	0,098
68	Розчин цементно-піщаний	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
3.3 Облицювання природним каменем та керамічною плиткою											
69	Плити та вироби з природного каменю: - граніт, гнейс та базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
70	- мармур	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
71	- вапняк	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
		1800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
		2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
72	-туф	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
		1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
		1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
		1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
		1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
		2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
73	Плити керамічні для підлоги	2000	0,88	0,89	3	5	0,96	1,1	11,63	12,55	0,06
3.4 Кладка цегляна з повнотілої цегли											
74	Керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,56	1	2	0,70	0,81	9,2	10,12	0,11
75	Керамічної звичайної на цементно-шлаковому розчині	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
76	Керамічної звичайної на цементно-перлітовому розчині	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,70	8,08	9,23	0,15

Кінець таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
77	Силікатної на цементно-піщаному розчині	1800	0,88	0,70	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
78	Трепельної на цементно-піщаному розчині	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
		1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
79	Шлакової на цементно-піщаному розчині	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,70	8,12	8,76	0,11
3.5 Матеріали покрівельні, гідроізоляційні, пароізоляційні та покриття полімерні для підлог											
80	Листи азбестоцементні	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
		1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
81	Матеріали бітумні, бітумно-полімерні покрівельні та гідроізоляційні	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
		1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
		1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008
82	Асфальтобетон	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
83	Руберойд, пергамін	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	0,001
84	Мембрана ПВХ	1000	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,00011
85	Пароізоляційна плівка	1600	1,47	0,3	0	0	0,3	0,3	8,56	8,56	0
86	Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
		1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
87	Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
		1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
88	Лінолеум полівінілхлоридний багатошаровий та одношаровий без підоснови	800	1,47	0,17	0	0	0,17	0,17	3,32	3,32	0,002
		1200	1,47	0,21	0	0	0,21	0,21	4,51	4,51	0,02
3.6 Метали та скло											
89	Сталь арматурна	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
90	Чавун	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
91	Алюміній	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
92	Латунь, мідь	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
93	Скло віконне	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0
Примітка. Для інших будівельних матеріалів розрахункові значення теплофізичних характеристик необхідно визначати експериментально згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-182.											

ДОДАТОК 6

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель $R_{q \min}$ [3]

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

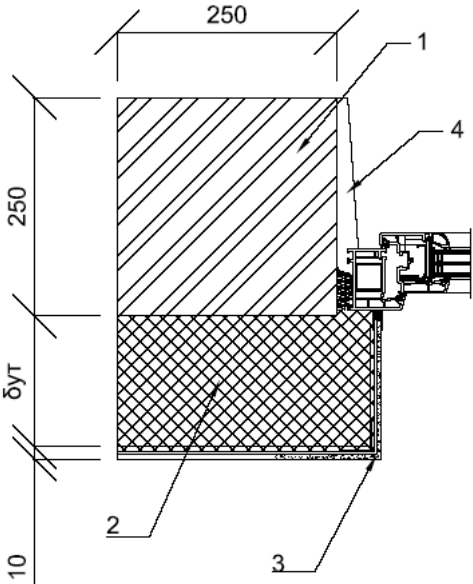
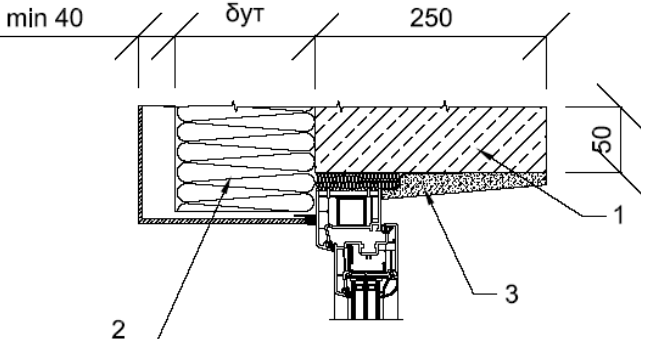
ДОДАТОК 7

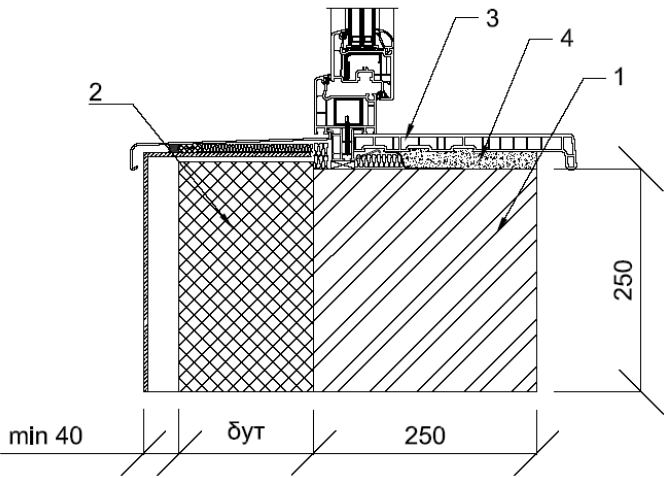
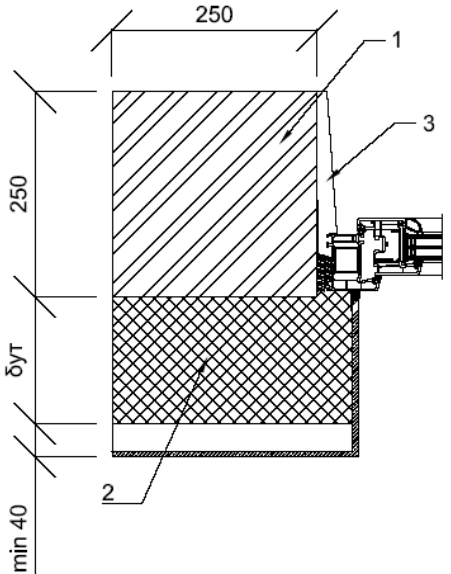
Опори теплопередачі та коефіцієнти теплопередачі вікон (існуючі серійні будівлі)

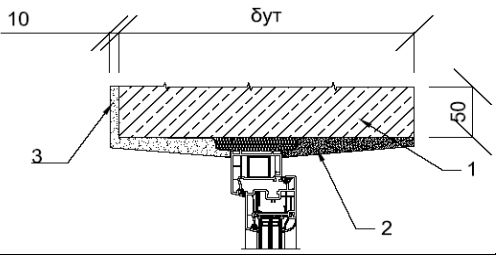
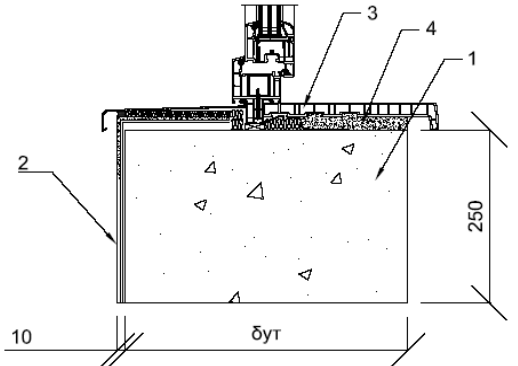
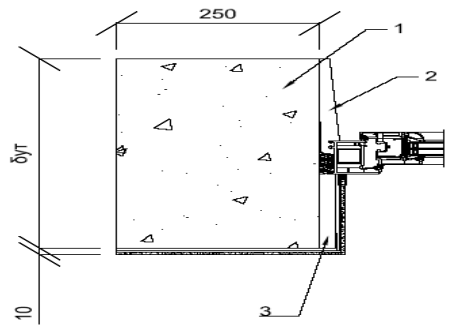
Заповнення світлового отвору	R_0 , ($\text{м}^2\text{К}$)/Вт	K_0 , Вт/($\text{м}^2\text{К}$)
Одинарне засклення в дерев'яних плетіннях	0,17	5,88
Те ж саме в металевих	0,15	6,67
Подвійне засклення в дерев'яних сполучених плетіннях	0,34	2,94
Те ж саме в металевих	0,31	3,23
Подвійне засклення в дерев'яних відокремлених плетіннях	0,38	2,63
Те ж саме в металевих	0,34	2,94
Подвійне засклення вітрин в металевих відокремлених переплітах	0,31	3,23
Потрійне засклення в дерев'яних плетіннях (сполучений та одинарний)	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 плетіннях	0,34	2,94
Те ж саме в металевих	0,31	3,23
Двошарові склопакети та одинарне засклення в відокремлених дерев'яних плетіннях	0,52	1,92
Те ж саме в металевих	0,48	2,08

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних теплопровідних включень ([4], табл.Г1)

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a pump or valve mechanism, shown in a cross-sectional view. The drawing includes numbered callouts (1-5) and dimensions (10, 250, 250). The assembly consists of a main body (1) with a cross-hatched section (2) and a hatched section (3). A vertical shaft (4) with a gear (5) is shown. The dimensions 10, 250, and 250 are indicated along the bottom edge, with the text "дуг" (arc) written below the 250 dimension.

1	2	3	4	5	6
3	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з опорядженням штукатуркою в зоні рядового сполучення				
	 1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.	0,045±0,005	120 мм	150 мм	180 мм
4	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з вентиляованим повітряним прошарком в зоні перемички				
	 1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.	0,045±0,005	150 мм	200 мм	250 мм

1	2	3	4	5	6
5	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з вентиляльованим повітряним прошарком в зоні підвіконня				
	 1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – ПВХ підвіконня; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.		150 мм	200 мм	250 мм
		0,045±0,005	0,035	0,041	0,046
6	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з вентиляльованим повітряним прошарком в зоні рядового сполучення				
	 1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.		150 мм	200 мм	250 мм
		0,045±0,005	0,049	0,053	0,058

1	2	3	4	5	6
7	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з ніздрюватого бетону в зоні перемички				
	 1 – перемичка з армованого ніздрюватого бетону, $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$; 2 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
		D800	0,075	0,091	0,101
8	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з ніздрюватого бетону в зоні підвіконня				
	 1 – кладка з ніздрюватого бетону; 2 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 3 – ПВХ підвіконня; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
		D300 D400 D500	0,077	0,079	0,085
9	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з ніздрюватого бетону в зоні рядового сполучення				
	 1 – кладка з ніздрюватого бетону; 2 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$.	марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
		D300 D400 D500	0,052	0,066	0,073

Характеристики вітру в січні (таблиця 5 [12])

Область, місто	Повторюваність напрямку вітру, % Середня швидкість вітру, м/с								Повторюваність штилю, %
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Автономна Республіка Крим									
Сімферополь	<u>5,6</u> 3,7	<u>30,1</u> 5,8	<u>13,4</u> 4,7	<u>6,9</u> 3,8	<u>18,7</u> 4,6	<u>13,7</u> 5,4	<u>8,2</u> 4,1	<u>3,4</u> 3,7	2,0
Ялта	<u>10,5</u> 2,2	<u>14,6</u> 3,1	<u>12,1</u> 2,4	<u>4,6</u> 1,5	<u>6,6</u> 1,7	<u>11,4</u> 1,8	<u>24,0</u> 1,6	<u>16,2</u> 2,1	3,5
Вінницька область									
Вінниця	<u>10,1</u> 4,3	<u>5,6</u> 3,3	<u>7,4</u> 3,0	<u>11,1</u> 3,3	<u>13,7</u> 3,4	<u>14,7</u> 3,4	<u>22,6</u> 4,7	<u>14,8</u> 5,0	7,1
Волинська область									
Луцьк	<u>4,6</u> 3,4	<u>3,5</u> 3,0	<u>10,3</u> 3,9	<u>13,1</u> 3,9	<u>15,4</u> 4,0	<u>16,4</u> 4,5	<u>26,1</u> 4,9	<u>10,6</u> 4,5	6,2
Дніпропетровська область									
Дніпропетровськ	<u>14,9</u> 5,0	<u>11,1</u> 5,0	<u>11,0</u> 4,9	<u>10,1</u> 5,0	<u>11,7</u> 5,1	<u>13,7</u> 4,9	<u>17,6</u> 5,0	<u>9,9</u> 5,6	9,2
Донецька область									
Дебальцеве	<u>5,7</u> 2,8	<u>8,7</u> 3,5	<u>16,0</u> 4,4	<u>13,5</u> 4,5	<u>15,5</u> 4,2	<u>14,4</u> 4,3	<u>16,5</u> 4,3	<u>9,7</u> 4,0	9,2
Донецьк	<u>7,2</u> 4,2	<u>10,3</u> 4,2	<u>14,3</u> 5,3	<u>18,9</u> 5,4	<u>11,0</u> 4,5	<u>14,3</u> 4,9	<u>16,6</u> 5,3	<u>7,4</u> 4,7	8,6
Житомирська область									
Житомир	<u>7,6</u> 3,6	<u>5,1</u> 3,1	<u>6,6</u> 3,5	<u>9,5</u> 3,8	<u>14,4</u> 4,3	<u>15,4</u> 4,4	<u>24,0</u> 5,2	<u>17,4</u> 4,7	3,7
Закарпатська область									
Плай	<u>5,7</u> 6,0	<u>8,4</u> 6,1	<u>5,4</u> 4,3	<u>3,3</u> 3,7	<u>12,0</u> 6,5	<u>46,4</u> 7,5	<u>10,3</u> 6,2	<u>8,5</u> 5,2	11,2
Ужгород	<u>9,6</u> 3,3	<u>3,4</u> 2,2	<u>12,1</u> 2,7	<u>36,9</u> 3,2	<u>12,2</u> 2,5	<u>3,1</u> 2,0	<u>7,3</u> 2,0	<u>15,4</u> 3,0	25,1
Запорізька область									
Запоріжжя	<u>14,5</u> 2,3	<u>11,7</u> 2,0	<u>10,9</u> 2,4	<u>10,7</u> 2,9	<u>12,9</u> 2,0	<u>13,6</u> 2,1	<u>14,9</u> 2,4	<u>10,8</u> 2,4	8,8
Кирилівка	<u>11,3</u> 2,7	<u>10,9</u> 2,9	<u>18,7</u> 5,9	<u>11,2</u> 4,5	<u>13,3</u> 4,6	<u>12,4</u> 4,7	<u>12,9</u> 4,0	<u>9,3</u> 3,7	10,9
Івано-Франківська область									
Івано-Франківськ	<u>3,5</u> 3,3	<u>1,8</u> 2,0	<u>13,9</u> 3,4	<u>17,1</u> 3,5	<u>5,4</u> 2,8	<u>11,9</u> 3,7	<u>27,1</u> 4,9	<u>19,3</u> 4,8	34,9

Продовження таблиці додатку 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пожежевська	$\frac{1,3}{5,7}$	$\frac{1,6}{4,5}$	$\frac{2,9}{5,7}$	$\frac{2,2}{4,7}$	$\frac{2,2}{5,3}$	$\frac{73,4}{12,7}$	$\frac{10,4}{10,5}$	$\frac{6,0}{7,0}$	32,4
Кіровоградська область									
Кіровоград	$\frac{13,0}{4,2}$	$\frac{6,3}{3,6}$	$\frac{9,5}{4,0}$	$\frac{10,6}{4,3}$	$\frac{16,0}{4,5}$	$\frac{10,0}{4,2}$	$\frac{16,8}{4,3}$	$\frac{17,8}{4,2}$	9,6
Київська область									
Київ	$\frac{11,2}{3,2}$	$\frac{4,6}{2,0}$	$\frac{5,8}{1,7}$	$\frac{11,9}{2,0}$	$\frac{14,1}{2,7}$	$\frac{14,0}{3,0}$	$\frac{23,5}{3,0}$	$\frac{14,9}{2,9}$	4,2
Луганська область									
Дар'ївка	$\frac{16,7}{2,2}$	$\frac{13,2}{2,6}$	$\frac{10,3}{3,6}$	$\frac{14,1}{4,5}$	$\frac{15,1}{3,8}$	$\frac{17,1}{3,4}$	$\frac{6,6}{2,3}$	$\frac{6,9}{2,1}$	13,8
Луганськ	$\frac{2,7}{2,1}$	$\frac{7,0}{2,2}$	$\frac{22,0}{3,5}$	$\frac{11,7}{2,9}$	$\frac{9,8}{3,1}$	$\frac{14,3}{3,1}$	$\frac{23,8}{2,8}$	$\frac{8,7}{2,5}$	14,3
Львівська область									
Львів	$\frac{4,4}{3,6}$	$\frac{3,5}{2,9}$	$\frac{8,5}{3,4}$	$\frac{19,8}{4,1}$	$\frac{8,0}{3,5}$	$\frac{15,5}{4,5}$	$\frac{27,9}{5,1}$	$\frac{12,4}{4,5}$	16,3
Миколаївська область									
Миколаїв	$\frac{19,6}{3,8}$	$\frac{12,9}{3,9}$	$\frac{12,2}{3,8}$	$\frac{7,2}{3,5}$	$\frac{14,3}{3,7}$	$\frac{8,0}{3,5}$	$\frac{13,0}{3,7}$	$\frac{12,8}{3,5}$	7,0
Одеська область									
Одеса	$\frac{21,4}{3,7}$	$\frac{14,1}{4,9}$	$\frac{8,4}{5,0}$	$\frac{4,0}{4,1}$	$\frac{8,0}{3,0}$	$\frac{12,4}{2,6}$	$\frac{16,3}{2,4}$	$\frac{15,4}{3,0}$	2,0
Сарата	$\frac{29,6}{3,1}$	$\frac{8,7}{2,8}$	$\frac{4,7}{2,8}$	$\frac{6,8}{1,9}$	$\frac{15,0}{1,9}$	$\frac{7,7}{2,1}$	$\frac{8,2}{2,4}$	$\frac{19,3}{3,0}$	18,6
Полтавська область									
Полтава	$\frac{9,0}{3,1}$	$\frac{10,0}{2,9}$	$\frac{11,9}{3,5}$	$\frac{8,7}{2,8}$	$\frac{14,7}{3,2}$	$\frac{14,9}{3,4}$	$\frac{20,2}{3,6}$	$\frac{10,6}{3,6}$	2,5
Рівненська область									
Рівне	$\frac{5,1}{3,6}$	$\frac{3,0}{2,9}$	$\frac{9,9}{3,9}$	$\frac{13,1}{3,9}$	$\frac{11,4}{4,0}$	$\frac{15,2}{4,8}$	$\frac{34,2}{5,8}$	$\frac{8,1}{5,1}$	4,0
Сумська область									
Суми	$\frac{7,8}{3,7}$	$\frac{6,3}{3,0}$	$\frac{10,0}{3,9}$	$\frac{15,3}{4,3}$	$\frac{16,1}{4,5}$	$\frac{14,4}{4,6}$	$\frac{18,6}{4,8}$	$\frac{11,5}{4,4}$	4,6
Тернопільська область									
Тернопіль	$\frac{6,3}{3,4}$	$\frac{3,1}{2,3}$	$\frac{6,0}{3,0}$	$\frac{19,4}{4,0}$	$\frac{12,5}{3,5}$	$\frac{10,1}{4,2}$	$\frac{28,6}{5,7}$	$\frac{14,0}{5,0}$	11,1
Харківська область									
Харків	$\frac{8,0}{4,5}$	$\frac{8,2}{4,2}$	$\frac{15,3}{4,7}$	$\frac{12,5}{4,2}$	$\frac{10,7}{4,4}$	$\frac{15,8}{4,6}$	$\frac{18,9}{4,6}$	$\frac{10,6}{4,2}$	8,1

Кінець таблиці додатку 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Херсонська область									
Генічеськ	<u>14,9</u> 3,0	<u>15,6</u> 4,7	<u>18,8</u> 5,8	<u>6,8</u> 4,0	<u>7,3</u> 3,9	<u>11,5</u> 4,2	<u>15,3</u> 3,8	<u>9,8</u> 3,4	2,7
Херсон	<u>13,7</u> 4,2	<u>14,6</u> 3,8	<u>13,8</u> 3,2	<u>8,5</u> 2,6	<u>10,4</u> 2,8	<u>12,2</u> 2,8	<u>14,9</u> 3,3	<u>11,9</u> 3,9	2,0
Хмельницька область									
Хмельницький	<u>7,2</u> 4,6	<u>4,6</u> 3,6	<u>6,3</u> 3,6	<u>15,3</u> 4,5	<u>18,6</u> 4,8	<u>10,1</u> 4,3	<u>21,2</u> 5,7	<u>16,7</u> 5,5	10,6
Черкаська область									
Умань	<u>11,0</u> 3,1	<u>6,0</u> 2,4	<u>10,3</u> 2,3	<u>11,9</u> 2,4	<u>12,1</u> 2,4	<u>6,6</u> 2,1	<u>19,7</u> 3,4	<u>22,4</u> 4,3	39,9
Чернівецька область									
Чернівці	<u>5,3</u> 3,2	<u>1,0</u> 1,9	<u>27,7</u> 3,3	<u>10,0</u> 3,1	<u>8,2</u> 2,4	<u>5,4</u> 2,6	<u>17,4</u> 4,5	<u>25,0</u> 4,7	7,7
Чернігівська область									
Чернігів	<u>7,6</u> 4,1	<u>5,9</u> 3,6	<u>9,2</u> 3,5	<u>8,5</u> 3,9	<u>17,4</u> 4,5	<u>19,8</u> 4,4	<u>19,7</u> 4,4	<u>11,9</u> 4,3	11,2