

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

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

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

Укладач: М.М. Шовкалюк

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

Рецензент	<i>Назарова І.О.</i> , кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплової та альтернативної енергетики НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського
Відповідальний редактор	<i>Бориченко О.В.</i> , кандидат технічних наук, доцент кафедри електропостачання НН ІЕЕ, доцент

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 4 від 19.01.2023 р.)
за поданням Вченої ради навчально-наукового інституту енергозбереження та
енергоменеджменту
(протокол № 5 від 29.12.2022 р.)*

У представленому посібнику викладено основні положення щодо виконання практичних робіт навчальної дисципліни «Енергоефективність та енергетична сертифікація будівель». Навчальне видання до виконання практичних робіт містить вказівки до виконання розрахунків та включає індивідуальні завдання, приклад вирішення та необхідні додатки. Під час вирішення задач враховано діючі нормативні вимоги з енергетичної ефективності будівель. Студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати вміння проводити розрахунки енергетичного і економічного ефекту від впровадження різних заходів з енергозбереження у будівлі.

Навчальне видання призначене для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології».

Реєстр. № НП 22/23-398. Обсяг 3,63 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1. МОНІТОРИНГ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДО ТА ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З УРАХУВАННЯМ ПОГОДНИХ УМОВ	6
1.1 Порівняння теплоспоживання за нормативних (стандартних) погодних умов	6
1.2. Потреба в теплоті на опалення, приведена до нормативних (стандартних) умов.....	8
1.3. Розрахунок ефективності впровадження енергоефективного проєкту з урахуванням впливу погодних умов для фонду будівель.....	10
2 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ	12
2.1 Утеплення стін.....	12
2.2. Заміна вікон	15
2.3. Утеплення горища (суміщене покриття)	18
3 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3. ПРИВЕДЕНИЙ ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОГОРОДЖЕНЬ. ТЕПЛОПРОВІДНІ ВКЛЮЧЕННЯ	22
3.1 Визначення приведенного опору теплопередачі термічно однорідної конструкції зовнішньої стіни з теплопровідними включеннями	22
3.2 Визначення приведенного опору теплопередачі утепленої зовнішньої стіни з урахуванням віконних відкосів.....	24
4 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ПОФАСАДНОМУ РЕГУЛЮВАННІ ПОДАЧІ ТЕПЛОТИ	25
5 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПОВІТРЯНИХ ЗАВІС	28

5.1. Впровадження теплової завіси для виробничих та громадських будівель з дверима типу «ворота»	28
5.2. Впровадження теплової завіси для входних дверей, які часто відкриваються	32
6 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6. ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ	36
7 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №7. ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	39
8. ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №8. РОЗРАХУНКИ ПОТРЕБИ У СПОЖИВАННІ ГАРЯЧОЇ ВОДИ.....	41
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	44
ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ	45
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Метою навчальної дисципліни є формування знань щодо показників енергоефективності будівель, структури споживання енергії в будівлях, оцінювання потенціалу енергозбереження за умови впровадження енергоефективних заходів. Впровадження у законодавчу та нормативну базу вимог до підвищення енергоефективності будівель направлено на зменшення енергетичної залежності держави, дотримання цих вимог враховується при виконанні комплексної термомодернізації будівлі.

Методичні вказівки створені для спрощення організації навчального процесу з дисципліни «Енергоефективність та енергетична сертифікація будівель» для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

У методичних вказівках наведено порядок розрахунку, індивідуальні завдання і довідкові дані з діючих ДБН та ДСТУ у додатках. Внаслідок виконання завдань студенти отримають практичні навички до розрахунків, що виконуються під час виконання енергетичних обстежень будівель і споруд енергоаудиторами.

1 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1. МОНІТОРИНГ ЕНЕРГО-СПОЖИВАННЯ ДО ТА ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З УРАХУВАННЯМ ПОГОДНИХ 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 А, [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 Г, [2]):

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

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

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

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 Г, [2]) наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 — Температура зовнішнього повітря (нормативна)

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 наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 — Температура зовнішнього повітря (фактична)

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):

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

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

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

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

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

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

$$Q_{o,v} = Q_{\text{ліч}} \cdot \frac{\Gamma D_{\text{р.о.}}^{\text{норм}}}{\Gamma D^{\text{факт}} \cdot 24 \cdot 3600} = 1,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{(20 - (-22))}{3747 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,234 \text{ МВт,}$$

де

кількість градусо-днів «нормативного дня»:

$$\Gamma D_{\text{р.о.}}^{\text{норм}} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}),$$

для м.Києва $t_{\text{р.о.}} = -22$ °С за ДСТУ «Кліматологія» [2], додаток Г.

Відповідь:

Річне енергоспоживання на опалення, приведене до нормативних (стандартних) умов, складає 460 Гкал/рік;

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 2021 р. на опалення групи будівель у м.Києві витрачено 24000Гкал теплоти.

З них по групах споживачів:

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

В лютому 2022 р. після реалізації проєкту було витрачено 26000 Гкал, тобто на 8% більше. З них:

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

Середня температура зовнішнього повітря:

- в лютому 2021 р. $+3^{\circ}\text{C}$,
- в лютому 2022 р. -5°C .

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

Рішення

Градусо-доби визначаються за формулою: $ГД^{норм} = (t_{вн} - t_3) \cdot K_{дiб}^{mic}$.

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

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

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

2) Кількість градусо-днів в лютому 2021 року:

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

при $t_{вн}=18^{\circ}\text{C}$: $ГД_{2019}=(18-3)\cdot 28=420$ гр-днів.

4) Кількість градусо-днів в лютому 2022 року:

при $t_{\text{вн}}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$: $\text{ГД}_{2018}=(20-(-5,0))\cdot 28=700\text{ гр-дн}$;

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

5) Приведене теплоспоживання в лютому 2021 року:

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

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

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

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

7) Приведене теплоспоживання в лютому 2022 року:

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

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

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

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

8) Ефективність по методу приведенного теплоспоживання:

Для дошкільних закладів: $13887-10387=3500\text{ Гкал}$,

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

Для адміністративних будинків: $20167-14092=6075\text{ Гкал}$,

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

Відповідь: економія від реалізації проекту складає:

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

2 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2. РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Утеплення стін

Завдання

Склад стіни житлової будівлі у м. Одеса- 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: $t_{вн}=20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Знайти необхідну товщину утеплювача термічно однорідної зовнішньої стіни. 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* огороджувальної конструкції розраховують за формулою:

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

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

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 огороджувальної конструкції.

1) Визначимо коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції з додатку Б:

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

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

- 2) Коефіцієнт теплопровідності шарів матеріалів зовнішньої стіни з додатку Д:
- цегляна кладка з керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м³ (п.58): $\lambda_{ц}=0,64$ Вт/(м·К);
 - плити пінополістирольні екструзійні густиною 30 кг/м³ (п.4): $\lambda_{ут}=0,036$ Вт/(м·К);
 - штукатурка з цементно-піщаного розчину, п.68: $\lambda_{шт}=0,93$ Вт/(м·К).

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

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

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

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

- 5) Визначимо температурну зону:

- м. Одеса розташовано у II температурній зоні (за додатком В).

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

$$R_{норм} = 3,5 \frac{м^2 К}{Вт}.$$

Порівняльний аналіз опору теплопередачі стіни після ізоляції з нормативним значенням: $R_{із} \geq R_{норм}$, тобто шар ізоляції в 10 см достатній для дотримання вимог ДБН [3].

- 7) Визначимо розрахункові кліматичні параметри для м.Одеса за додатком Г:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення $t_{р.о.}=-18^{\circ}С$;
- розрахункова температура зовнішнього повітря за ОП: $t_{с.о.}=2^{\circ}С$;
- розрахункова кількість діб опалювального періоду $n_o=158$ діб.

8) Втрати теплоти через стіни:

– існуючої будівлі:

$$Q = K_{існ} \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{існ}} \cdot F \cdot (t_{вн} - t_{р.о}) = \frac{1}{0,94} \cdot 50 \cdot (20 - (-18)) = 2021 \text{ Вт};$$

– після утеплення:

$$Q_{ут} = K_{ут} \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{ут}} \cdot F \cdot (t_{вн} - t_{р.о}) = \frac{1}{3,72} \cdot 50(20 - (-18)) = 510 \text{ Вт}$$

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

$$\Delta Q_{рік} = \Delta Q \frac{t_{вн} - t_{с.о}}{t_{вн} - t_{р.о}} n_o 24 = (2021 - 510) \frac{(20-2)}{(20-(-18))} 158 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 2,33 \text{ Гкал/рік}$$

10) Річна економія грошових витрат:

–централізоване опалення

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

$$E = \Delta Q \cdot T = 2,33 \cdot 1600 = 3728 \text{ грн/рік};$$

–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:

$$\Delta B = \frac{\Delta Q \cdot 10^6}{Q_n^p \cdot \eta} = \frac{2,33 \cdot 10^6}{8000 \cdot 0,93} = 313 \text{ м}^3,$$

де η – ККД індивідуального котла, долі %.

Економія коштів при вартості газу для населення $C_n = 10 \text{ грн/м}^3$,

$$E = \Delta B \cdot C_n = 313 \cdot 10 = 3130 \text{ грн/рік}.$$

Відповідь:

- товщина утеплювача 10 см,
- економія енергії 2,33 Гкал/рік,
- економія коштів 3728 грн/рік (централізоване опалення), 3130 грн/рік (індивідуальне опалення від газового котла).

2.2. Заміна вікон

Завдання

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

Площа вікон 100 м^2 . Кондиціонований об'єм приміщень $V=600 \text{ м}^3$.

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

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 $400 \text{ \$/тис.м}^3$. Інвестиції, необхідні для заміни вікон - $180\text{\$/м}^2$ (витрати «під ключ», що включають демонтаж існуючих вікон, установку нових вікон і облаштування віконних відкосів).



Рисунок 2.1 — Конструкція нових енергозберігаючих вікон

Рішення

- 1) Визначимо розрахункові кліматичні параметри для м.Полтава за додатком Г:
 - розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення $t_{p.o.}=-23 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - розрахункова температура зовнішнього повітря за ОП: $t_{c.o.}=-0,8 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - розрахункова кількість днів опалювального періоду $n_o=178 \text{ днів}$.
- 2) Визначимо температурну зону:
 - м. Полтава розташовано у I температурній зоні (за додатком В).

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

$$R_{існ} = 0,38 \frac{m^2K}{Вт}$$

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

$$R_{норм} = 0,9 \frac{m^2K}{Вт}$$

5) Втрати теплоти через вікна:

– існуючої будівлі:

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

– після заміни вікон:

$$Q_{ут} = K_{ут} \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{нов}} \cdot F \cdot (t_{вн} - t_{р.о}) = \frac{1}{0,9} \cdot 100 \cdot (20 - (-23)) = 4778 Вт.$$

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

$$\Delta Q_{рік} = \Delta Q \frac{t_{вн} - t_{с.о}}{t_{вн} - t_{р.о}} n_o 24 = (11316 - 4778) \frac{(20 - (-0,8))}{(20 - (-23))} 178 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 11,62 Гкал/рік$$

7) Зменшення теплового навантаження за рахунок заміни вікон:

$$\Delta q = \left(\frac{1}{R_{існ}} - \frac{1}{R_{нов}} \right) F \Delta t = \left(\frac{1}{0,38} - \frac{1}{0,9} \right) \cdot (20 - (-23)) = 65,36 Вт.$$

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

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

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:

$$\Delta B = \frac{\Delta Q_{\text{рік}} + \Delta Q_{\text{інф}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta} = \frac{(11,62 + 6,6) \cdot 10^6}{8000 \cdot 0,9} = 2531 \text{ м}^3/\text{рік},$$

де

$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 8000$ ккал/м³ - нижча робоча теплота згорання природного газу;
 $\eta = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує ККД котельні та розподільчих мереж.

10) Економія коштів:

$$\Delta E = \Delta B \cdot \text{Ц}_{\text{Г}} = 2531 \cdot 400 / 1000 = 1012 \text{ \$/рік},$$

де

$\text{Ц}_{\text{Г}}$ – вартість газу (з урахуванням вартості транспортування за даними постачальників).

11) Простий термін окупності складе:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta E} = \frac{180 \cdot 100}{1012} = 17,8 \text{ років},$$

що є прийнятним для житлових будівель.

Відповідь: економія коштів 1012 \\$/рік.

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 м².

Температуру внутрішнього повітря прийняти 20 °С.

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

Рішення

1) Визначимо температурну зону:

– м. Київ розташовано у I температурній зоні (за додатком В).

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 Б.

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 Е:

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

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.2.1):

- 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.

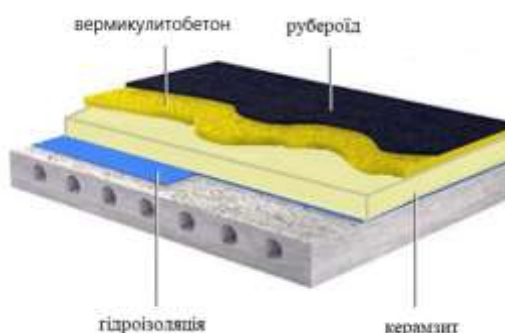


Рисунок 2.1 — Ізоляція плоского даху керамзитом

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 $R_{\text{дах}}^{\text{ут}} > R_{\text{норм}}$ не дотримується, обрана товщина шару не є достатня.

Проте з урахуванням примітки 5.2.2 ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [3] при реконструкції, капітальному ремонті будівель допускається зниження приведенного опору теплопередачі до рівня 75% від $R_{\text{норм}} = R_q^{\text{min}}$.

Доцільність утеплення даху керамзитом перевірялась також за умовами випадання точки роси. Для розрахунку використовувалась програмна платформа Smart calc.

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 $t_3 = -15^\circ\text{C}$. В розрахунковому режимі (за додатком Г 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 2.2.

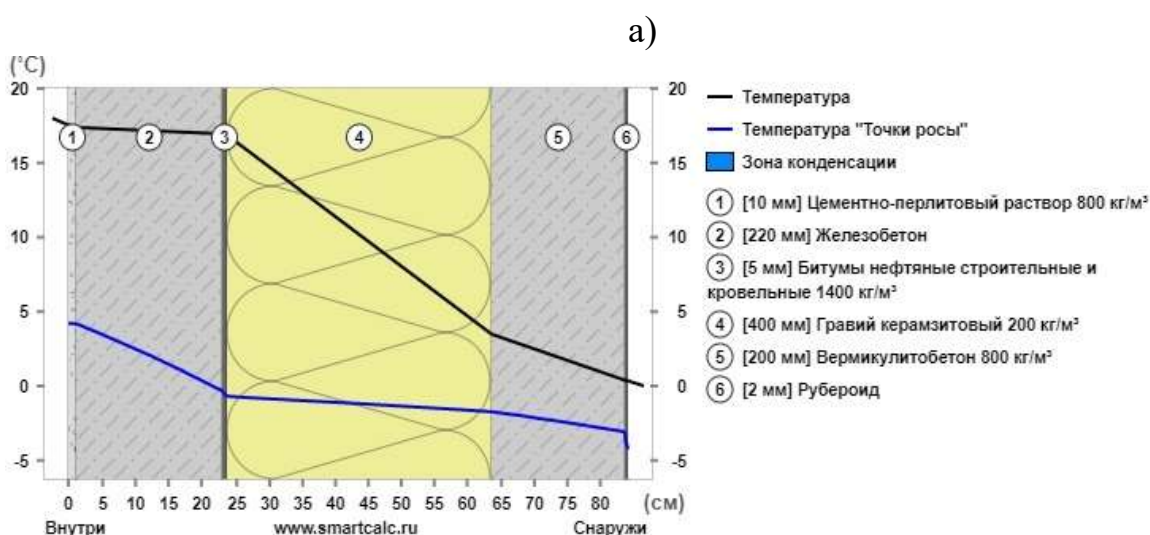
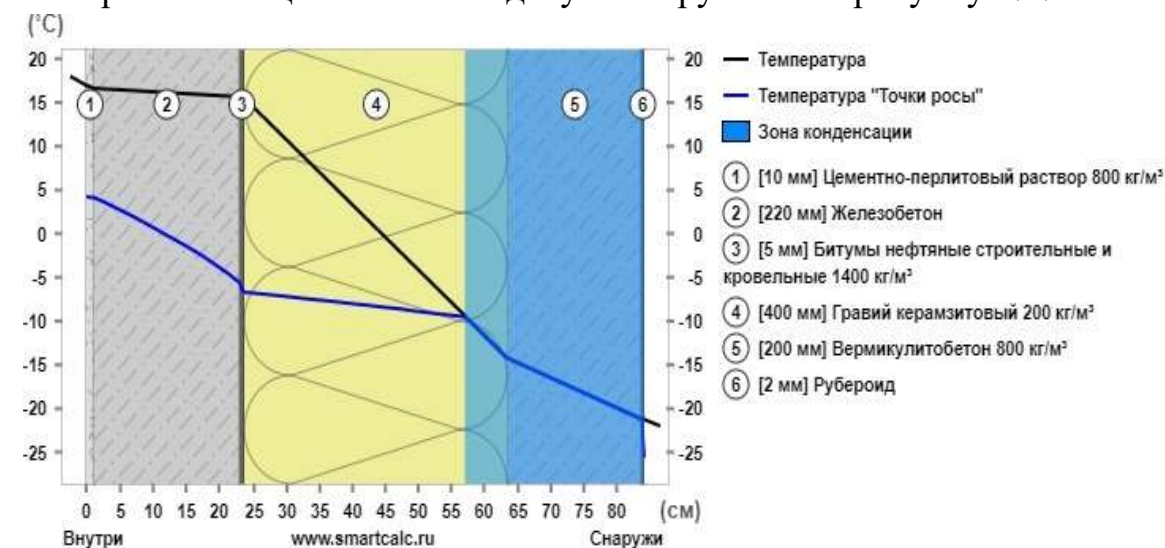


Рисунок 2.2 — Випадання точки роси в товщині плоского даху для розрахункових умов (а) та середніх за ОП (б) кліматичних умов

- 6) Розрахункові кліматичні параметри для м.Києва за дод. Г:
- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення $t_{p.o.} = -22$ °C;
 - розрахункова температура за опалювальний період: $t_{c.o.} = -0,1$ °C;
 - розрахункова кількість діб опалювального періоду: $n_o = 176$ діб.

- 7) Тепловтрати з перекриття за опалювальний сезон, кВт-год:

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

$$\Delta Q_{pich}^{дах} = \left(\frac{1}{1,1} - \frac{1}{6,16} \right) 300(20 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3}$$

$$= 19027 \text{ кВт} \cdot \text{год або } 16,4 \text{ Гкал}$$

- 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 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3. ПРИВЕДЕНИЙ ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОГОРОДЖЕНЬ. ТЕПЛОПРОВІДНІ ВКЛЮЧЕННЯ

3.1 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 м²*, ширина ребра – *300 мм.*

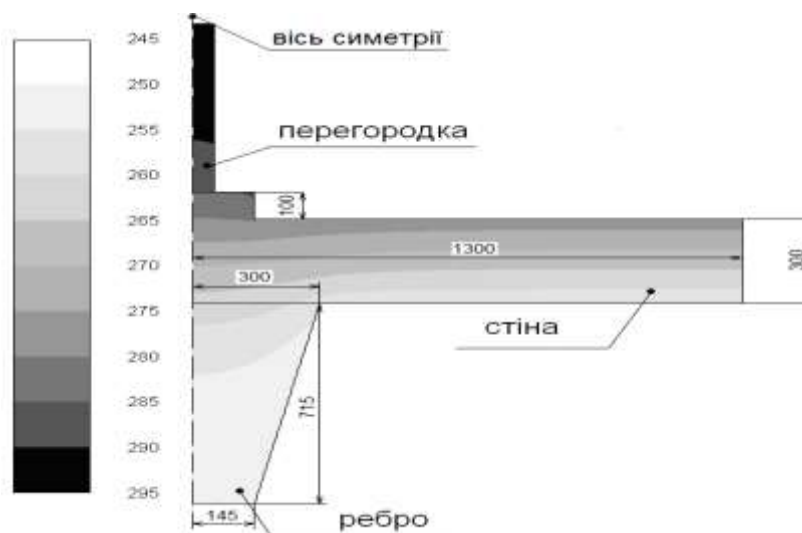


Рисунок 3.1 — Ребро жорсткості огорожувальної конструкції

Для розрахунків прийняти:

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

Примітка 1. 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 В).

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

$$R_{\text{норм}} = 4 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}.$$

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

3.2 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 вентиляльованим 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 К 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 (за дод. Е), $R_{\text{норм}} = 4 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$.

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

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

Підставляючи вихідні дані, отримаємо:

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

Отже, умова $R_{\text{пр}} \geq R_{\text{норм}}$ не витримується і товщина ізоляції недостатня.
Відповідь: приведенний опір теплопередачі 3,93 м²К/Вт.

4 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ПОФАСАДНОМУ РЕГУЛЮВАННІ ПОДАЧІ ТЕПЛОТИ

Завдання

Провести оцінку енергозбереження від впровадження по фасадного регулювання подачі теплової енергії до системи опалення 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 $t_{вн}=20$ °С.

За розрахункову швидкість приймемо швидкість вітру $w_p=5$ м/с.

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

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 Г:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення $t_{p.o.}=-22$ °С;
- розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{c.o.}=-0,1$ °С;
- розрахункова кількість днів опалювального періоду $n_o=176$ днів.

Визначимо середню швидкість вітру для двох фасадів за додатком Л:
 $w_i=(3,2+2,7)/2=2,95$ 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 температурах 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 Л;

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 теплопостачанні 1 Гкал/год):

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

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 теплопостачанні 1 Гкал/год):

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

Відповідь:

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

5 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПОВІТРЯНИХ ЗАВІС

5.1. 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 Г:

- розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення
 $t_{p.o.}=-22$ °С;
- розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період
 $t_{c.o.}=-0,1$ °С;
- розрахункова кількість днів опалювального періоду
 $n_o=176$ 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 таблиці 5.1 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 5.1— 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, °С	Значення α і A , кг/с	Температура зовнішнього повітря t_z , °С						
			-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		6,0	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:

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

де

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

$$k = \tau/60,$$

– де τ – час відкривання воріт в хвилинали, приймаємо $\tau=3$ хвилини, тоді

$$k = 3/60=0,05.$$

Підставляючи дані, отримаємо:

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

Діюча завіса

1) Витрата повітря, що створюється завісою:

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

Значення коефіцієнта q визначили з графіку на рис. 5.1 по кривій 2 і $K_q=0,4$.

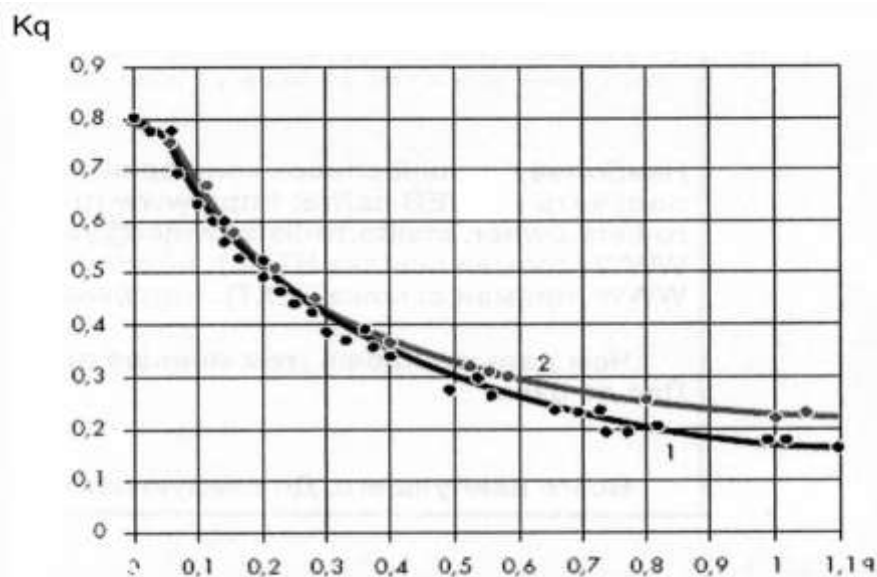


Рисунок 5.1— Залежності коефіцієнту витрати повітря через ворота, захищені завісою, від відносної витрати повітря:

– 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):

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

де

$G_{\text{п}}$ – масова витрата повітря, що уривається, кг/с;

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

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

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

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:

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

4) Зниження споживання енергії:

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

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

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

5.2. 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 теплова 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 Л);

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.5.2).

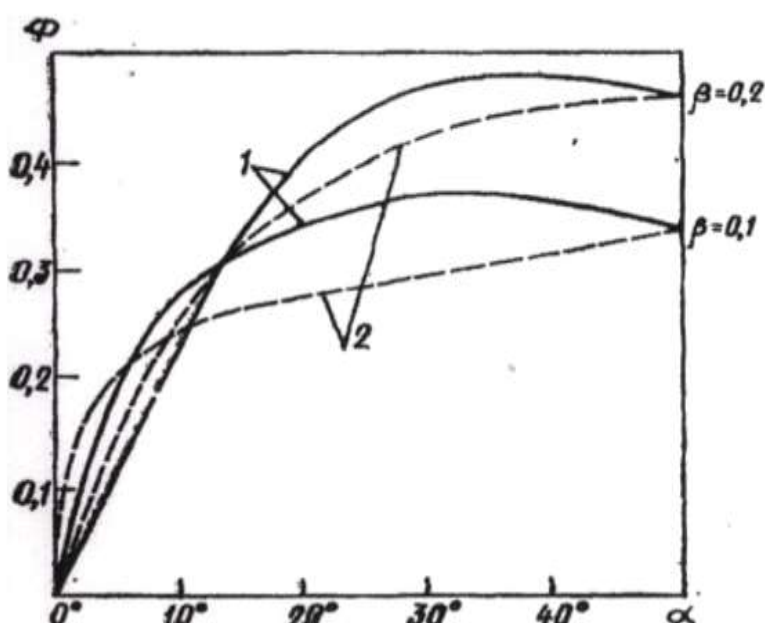


Рисунок 5.2 — Залежність між кутом випускання повітря струменя α , коефіцієнтом завіси Φ і коефіцієнтом турбулентності β при нижньому (крива 1) і бічному (крива 2) розташуванні припливної решітки

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:

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

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

$$G_z = L_0 \cdot l_{uz} \cdot 3600 \cdot \rho_{нов.}$$

де

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

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

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

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

$$Q_z = c_p G_z (t_o - t),$$

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);

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

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

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;

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

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

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

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

де

$c_p = 1$ кДж/(кг · °С) – питома теплоємність повітря;

$t_{вх} = 16^\circ\text{C}$ – 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 комплекту теплової завіси $C_з = 23000$ грн.

Загальна вартість:

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

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.

6 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6. ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ

Завдання 6.1

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 °С. Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря в приміщеннях 18 °С.

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

1. 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 Г:

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

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 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;

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

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 С 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 теплотічильників 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]

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

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

де:

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

n_o – тривалість опалювального періоду, днів;

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

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

$t_{x.z.}$ – 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 тепlopункту).

$$K = 1000000 \text{ грн.}$$

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.

7 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №7. ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

Задача 7.1

Родина з $n=4$ чоловік сплачує рахунки за гарячу воду (централізоване постачання) – 1000 грн/міс. Оцінити витрати родини після установки квартирнього ємкісного електроводонагрівача, який споживає електроенергію по нічному тарифу. Нічний тариф встановлений в розмірі 50% від звичайного і складає 1 грн/кВт-год. Добова витрата гарячої води не більше $a=70$ л/людину або $G=a \cdot n=280$ л/родину.

Рішення

- 1) Кількість теплоти, що необхідна для підігріву води на потреби гарячого водопостачання за добу:

$$Q = G(t_3 - t_4) = 280 \cdot 10^{-3} \frac{(55-5)}{0,86} = 16,3 \text{ кВт} \cdot \text{год електроенергії}$$

- 2) Споживання електроенергії за місяць складе:

$$E = Q \cdot n = 16,3 \cdot 30 = 489 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

- 3) Щомісячна плата за електроенергію на потреби ГВП за нічним тарифом:

$$П = E \cdot T = 489 \cdot 1 = 489 \text{ грн/міс}$$

- 4) Скорочення витрат

$$\Delta П = 1000 - 489 = 511 \text{ грн/міс}$$

Потрібно мати на увазі, що для можливості використання нічного тарифу в квартирах повинні бути встановлені двухтарифні електролічильники.

Задача 7.2

Дахова газова котельня житлового будинку тепловою потужністю 200кВт споживає 60 тис.м³ природного газу за рік, в т.ч. 14 тис.м³ в нічні години. ККД котлів 92%. Теплотворна здатність палива 8000 ккал/м³.

Оцінити доцільність встановлення в котельні додаткового електрокотла для роботи в нічні години. Ціна природного газу 10 грн/м³, електроенергія в нічні години 1грн/кВт-год (в нічні години - 50% від звичайного тарифу).

Рішення

- 1) Кількість теплоти, що необхідна в нічні години:

$$Q = B \cdot Q_n^p \cdot \eta = 14000 \cdot 8000 \cdot 0,92 \cdot 10^{-6} = 103 \text{ Гкал}$$

де

$Q_n^p = 8000$ ккал/м³ – теплотворна здатність палива (природний газ);

B – витрата палива в нічні години;

$\eta=0,92$ – коефіцієнт корисної дії котлів.

2) Для виробництва такої кількості теплоти в електрокотлі потрібно витратити

$$E = 103 \cdot 10^6 \cdot 1,163 = 120 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

3) Платежі за спожиту електроенергію:

$$P_{ee} = E \cdot T_{ee} = 120 \cdot 10^3 \cdot 1 = 120000 \text{ грн}$$

4) Вартість платежів за природний газ:

$$P_{пр.г} = B \cdot T_{пр.г} = 14000 \cdot 10 = 140000 \text{ грн}$$

5) Економія складе:

$$140000 - 120000 = 20000 \text{ грн за рік.}$$

Задача 7.3

Теплопункт будівлі потужністю 800 кВт споживає 1500 Гкал/год в рік, в тому числі $Q=400$ Гкал в нічний час. Оцінити доцільність установки в ІТП електрокотла для роботи в нічні години. Вартість теплоенергії – $T_{т.е}=1700$ грн/Гкал, електроенергія $T_{ee} = 1$ грн/кВт-год (нічний тариф).

Рішення

1) При виробництві 400 Гкал в електрокотлі буде витрачено

$$E = Q \cdot 10^6 \cdot 1,163 = 400 \cdot 10^6 \cdot 1,163 = 465 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

2) Вартість платежів за спожиту електроенергію:

$$P_{ee} = E \cdot T_{ee} = 465 \cdot 10^3 \cdot 1 = 465000 \text{ грн}$$

3) Вартість платежів за теплову енергію:

$$P_{т.е} = Q \cdot T_{т.е} = 400 \cdot 1700 = 680000 \text{ грн}$$

4) Економія складе:

$$680000 - 465000 = 215000 \text{ грн.}$$

Електрокотли, що заранне встановлені в ТП та газових котельних, слугують пом'якшенню кризової ситуації. Необхідно лише забезпечити неможливість їх включення вдень, що не допускати аварій в системах електропостачання.

8. ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №8. РОЗРАХУНКИ ПОТРЕБИ У СПОЖИВАННІ ГАРЯЧОЇ ВОДИ

Задача 8.1

Визначити потребу на гаряче водопостачання для 45-квартирного житлового будинку з ванними довжиною 1500-1700 мм. Число мешканців $U = 114$ людей. Температура подавальної магістралі $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура холодної води в зимовий період $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. В кожній квартирі встановлено по дві однотипні точки (мийка на кухні та умивальник в ванній, $N = 45 * 2$).

Рішення

1. Визначаємо вірогідність дії приладу:

$$P = q_{hr,u}^h \frac{U}{q_o^h \cdot N \cdot 3600}$$

$q_{hr,u}^h = 10$ л/год – витрата гарячої води на одного мешканця в годину найбільшого водоспоживання (таблиці з нормами споживання видає викладач);

$U = 114$ людей – число мешканців в домі;

$q_o^h = 0,2$ л/с – витрата гарячої води пристроєм;

$N = 45 * 2 = 90$ – число пристроїв з гарячою водою (2 прилади в квартирі).

Таким чином:

$$P = (10 * 114) / (0,2 * 90 * 360) = 0,017$$

2. Визначимо вірогідність використання санітарно-технічних приладів (можливість подавання пристроєм нормованої годинної витрати води) на протязі розрахункового часу:

$$P_{hr} = 3600 * P * q_o^h / q_{o,hr}^h$$

$q_o^h = 0,2$ л/с витрата гарячої води пристроєм;

$q_{o,hr}^h = 200$ л/год – годинна витрата води пристроєм;

$$P_{hr} = 3600 * 0,017 * \frac{0,2}{200} = 0,0612 < 0,1$$

3. Так як $P_{hr} < 0,1$, далі застосовуємо таблицю Д10.3 додатку М.

При $N * P_{hr} = 90 * 0,0612 = 5,7$ визначаємо $\alpha_{hr} = 2,793$

4. Максимальна годинна витрата гарячої води [м³/год]

$$q_{hr}^h = 0,005 q_{o,hr}^h \alpha_{hr} = 0,005 * 200 * 2,793 = 2,793 \text{ м}^3/\text{год}$$

5. Максимальне теплове навантаження ГВП (потужність теплового потоку протягом години максимального розбору гарячої води), кВт:

$$Q_{hr}^h = 1,163q_{hr}^h(55 - t_x) + Q_{втр} =$$

$$= 1,163 * 2,793(55 - 5) * 1,05 = 170,5 \text{ кВт} = 146,63 \text{ Мкал/год}$$

де

t_x – температура холодної води зимою; $Q_{втр}$ – теплові втрати, прийmemo в розмірі 5% від теплового навантаження.

Задача 8.2

Виконати порівняльний аналіз підходів до розрахунку енергопотреби на ГВП (розрахунок I та розрахунок II). Вихідні дані обирати за індивідуальним варіантом.

Розрахунок I.

За методикою [9], що діяла до 2020 року, енергопотреба для ГВП розраховувалася за формулою:

$$Q_{DHW,nd} = c_w V_w (\Theta_{w,del} - \Theta_{w,0}) \alpha_x, \quad (8.1)$$

де

c_w - теплоємність води, 4,187 кДж/(кг·К);

$\Theta_{w,del}$ – встановлена температура подачі гарячої води, 55 °С;

$\Theta_{w,0}$ – середня річна температура холодної води, яку приймають рівною 10 °С;

α_x – коефіцієнт переведення (кДж в кВт·год), що приймають $0,278 \cdot 10^{-3}$ кВт·год/кДж.

V_w – річний обсяг споживання води, кг, що розраховується за формулою:

$$V_w = q_w n_m n_d \rho_w 10^{-3}, \quad (8.2)$$

де

q_w – середня за рік добова витрата води з урахуванням кліматичного району розташування будівлі (за дод.10), л/добу, яка визначається згідно додатка М, таблиці М1 та М2 (або за таблицями А1 та А2 ДБН В.2.5-64:2012 [8]);

n_m – кількість розрахункових одиниць споживання гарячої води, прийняти за умовами задачі 8.1 ($n_m = U$);

n_d – кількість діб роботи системи ГВП, прийняти $n_d = T \cdot 350$, де Т-

тривалість годин водорозбору з дод.М, табл М2;

ρ_w – густина води за нормальних умов, прийняти 1000 кг/м³.

Розрахунок II.

За новою методикою [10], що почала діяти з кінця 2020 року, для цілей сертифікації енергоефективності енергопотреба для ГВП $Q_{DHW,nd}$ [кВт·год] потрібно визначати за питомими показниками на 1 м² залежно від типу будівель за таблицею 8.1 (що відповідає табл.34 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]).

Для виконання завдання площу будівлі приймати:

- Для житлових будівель: 25 м²/людину,
- Для готелей, гуртожитків, санаторіїв, дитячих садочків прийняти 20м²/людину,
- Для поліклінік, лікарень прийняти 15 м²/людину,
- Для аптек, магазинів прийняти 8 м²/споживача.

Таблиця 8.1 — Питомі річні енергопотреби ГВП [1]

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

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. К. Мінрегіон України, 2016. – 205с.
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.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. К: НДІБК, 2022. – 27 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. Енергозбереження будівель та споруд: Збірник задач : навч. посіб. для студ. спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та 144 «Теплоенергетика» / уклад.: Дешко В.І., М.М. Шовкалюк, І.Ю. Білоус. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 83 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. ДБН В.2.5-64:2012 «Водопровід і каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво» - К.: Мінрегіонбуд, 2013. – 113 с.
9. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. №169. Офіційний вісник України. 2018, № 55. – с. 301.
10. Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. №261.
Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20>
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]. Л.: "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		$t_3, ^\circ\text{C}$		$t_{\text{вн}}, ^\circ\text{C}$	
			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

№	Місто	t _{вн} , °C	Шар 1		Шар 2
			Матеріал	δ1, 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

Примітка 1. Третій шар для усіх варіантів - штукатурка з цементно-піщаного розчину товщиною 1 см.

Примітка 2. Площу стіни для усіх варіантів прийняти 100 м².

Примітка 3. Тариф на централізоване тепlopостачання прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників теплоти) для відповідного міста.

Примітка 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.

Примітка 5. ККД індивідуального котла прийняти 95%.

Завдання 2.2

№	Місто	Площа вікон, м ²	Кондиціонований об'єм, V, м ³	t _{вн} , °С	Тип вікон
1	Чернівці	120	1200	20	Одинарне засклення 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 засклення в дерев'яних сполучених плетіннях
4	Кропивницький	150	1800	18	Подвійне засклення в металевих сполучених плетіннях
5	Луганськ	160	2000	20	Подвійне засклення в дерев'яних відокремлених плетіннях
6	Львів	170	2200	21	Подвійне засклення в металевих відокремлених плетіннях
7	Миколаїв	180	2400	22	Подвійне засклення вітрин в металевих відокремлених переплітах
8	Львів	190	2500	18	Потрійне засклення в дерев'яних плетіннях (сполучений та одинарний)
9	Миколаїв	200	2600	20	Потрійне засклення 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 засклення в відокремлених дерев'яних плетіннях
15	Харків	260	3200	22	Двошарові склопакети та одинарне засклення в відокремлених металевих плетіннях
16	Луганськ	270	3300	18	Подвійне засклення в дерев'яних сполучених плетіннях
17	Херсон	280	3400	20	Подвійне засклення в металевих сполучених плетіннях
18	Чернігів	290	3500	21	Подвійне засклення в дерев'яних відокремлених плетіннях
19	Черкаси	300	3600	22	Подвійне засклення в металевих відокремлених плетіннях
20	Ів.Франківськ	310	3700	18	Подвійне засклення 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

Примітка 1. Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря за додатком 1 відповідно до призначення будівлі.

Примітка 2. Прийняти третій шар існуючого даху: гравій на бітумі з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\Gamma}=0,2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Примітка 3. Прийняти у якості утеплювача шар керамзиту з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{кер}}=0,08 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, інші верхні шари аналогічно умові задачі;

Примітка 4. Тариф на централізоване тепlopостачання прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників теплоти) для відповідного міста.

Примітка 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 (було 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.

Завдання 3.2 (було 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 штук-ою	120	30	0,2	1,5	3
2	З ніздрюватого бетону	300	35	0,25	1,6	3,1
3	Цегляна з вентиляним повітряним прошарком	200	40	0,3	1,7	3,2
4	Цегляна з вентиляним 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 штук-ою	180	55	0,22	2	3,5
7	Цегляна з опорядженням штук-ою	120	60	0,24	2,1	3
8	З ніздрюватого бетону	300	65	0,26	2,2	3,1
9	Цегляна з опорядженням штук-ою	150	70	0,28	2,3	3,2
10	Цегляна з вентиляним повітряним прошарком	200	75	0,32	2,4	3,3
11	Цегляна з опорядженням штук-ою	120	80	0,34	2,5	3,4
12	З ніздрюватого бетону	300	85	0,36	2,6	3,5
13	Цегляна з вентиляним повітряним прошарком	200	90	0,38	2,7	3
14	Цегляна з вентиляним 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 штук-ою	180	110	0,3	3	3,3
17	Цегляна з опорядженням штук-ою	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 вентиля- ним повітр. прошарком	200	150	0,24	2,3	3,2

Примітка 1. Температурну зону обрати наступним чином:

усі парні варіанти – зона I,

усі непарні варіанти – зона II.

Завдання 4 (було 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

Примітка 1. Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря за додатком 1 відповідно до призначення будівлі.

Примітка 2. За розрахункову швидкість прийняти швидкість вітру 5 м/с.

Завдання 5.1 (було 3.4)

№	Місто	Розташування фасаду	Час відкриття 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

Примітка 1. Внутрішню температуру приймати наступним чином:

- усі парні варіанти: 18 °С,
- усі непарні варіанти: 20 °С.

Примітка 2. Розміри воріт приймати:

- усі парні варіанти: 3х3,
- усі непарні варіанти: 4х4.

Примітка 3. Розрахункова швидкість вітру – 5 м/с, середню швидкість прийняти за додатком 9, враховуючи орієнтацію фасаду.

Примітка 4. Коефіцієнт витрати $K_q=0,3$.

Завдання 5.2 (було 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 поток, 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

Примітка 1. Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря 20оС.

Примітка 2. Тариф на централізоване тепlopостачання прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників теплоти) для відповідного міста.

Примітка 3. Витрати на введення в експлуатацію приймати згідно діючих на момент виконання розрахунку ринкових цін.

Завдання 6 (було 3.1)

№	Місто	Тип будівлі	Q_o^{max} Гкал/год	$Q_{гвп}^c$ Гкал/год	а, діб	т, 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

Примітка 1. Прийняти розрахункову температуру внутрішнього повітря за додатком 1 відповідно до призначення будівлі.

Примітка 2. Прийняти температуру в неробочі години на 3°C нижче, ніж $t_{вн}$.

Примітка 3. Тариф на централізоване тепlopостачання прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників теплоти) для відповідного міста.

Примітка 4. 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 7.1, 7.2, 7.3

№	Задача 7.1				Задача 7.2*		Задача 7.3**	
	а, л/год	п, чол	Плата за ГВП, грн/міс	Тариф денний, грн/кВт- год	В, тис.м3	T _{пр.г} грн/м3	Q, Гкал	T _{т.е.} грн/Гкал
1	50	2	900	2	13	10,3	300	1600
2	60	3	1000	2,2	14	10,5	320	1650
3	70	4	1100	3	15	11	380	1700
4	40	5	1100	2	12	11,5	420	1720
5	45	6	1250	2,5	13,5	12	460	1750
6	55	2	1050	3	12,5	10,5	480	1620
7	65	3	950	2	15	11	500	1640
8	75	4	1150	2,5	11,5	11,5	520	1660
9	80	5	1300	3	10,5	12	540	1720
10	85	6	1350	2	10	10,5	560	1680
11	55	2	1130	2,5	9	11	580	1740
12	65	3	1200	3	13,7	11,5	600	1760
13	75	4	1180	2	12,7	12	620	1780
14	80	5	1360	2,5	14	10,5	640	1800
15	85	6	1400	3	15	11	660	1820
16	50	2	980	2	10,3	11,5	680	1710
17	60	3	1080	2,5	11,3	12	700	1730
18	70	4	1180	3	12,3	11,4	720	1770
19	40	5	1200	2	14,6	12,2	740	1790
20	45	6	110	2,4	16,2	13,6	760	1810

Примітка 1. Для задачі 7.2 нічний тариф становить 50% від денного, який обрати таким же, як і в задачі 7.1;

Примітка 2. Для задачі 7.2 в розрахунках прийняти:

для парних варіантів $Q_H^p = 8050 \text{ ккал/м}^3; \eta=0,94;$

для непарних варіантів $Q_H^p = 8100 \text{ ккал/м}^3; \eta=0,95.$

Примітка 3. Для задачі 7.3 нічний тариф становить 50% від денного, який обрати таким же, як і в задачі 7.1

Завдання 8.1, 8.2

№	Назва	$q_{hr,u}^h$ л/ГОД	q_o^h , л/с	$q_{o,hr}^h$ л/ГОД	U, спожи- вачів	N
1	Крамниця продовольча	9,6	0,2	200	40	6
2	Крамниця промтоварна	2	0,1	60	30	5
3	Перукарні	4,7	0,1	40	12	3
4	Кінотеатри (для глядачів)	0,2	0,1	50	100	26
5	Клуб	0,4	0,1	50	30	5
6	Театр (для глядачів)	0,3	0,1	40	50	12
7	Гуртожитки з загальними душевими	6,3	0,14	60	100	14
8	Гуртожитки з душами в усіх кімнатах	8,2	0,14	60	120	32
9	Гуртожитки з блоками душевих	7,5	0,14	60	150	16
10	Лікарня з загальними ванними і душевими	5,4	0,14	60	100	18
11	Лікарня з санвузлами, наближеними до палат	7,7	0,2	200	90	28
12	Лікарні інфекційні	9,5	0,14	120	50	18
13	Готелі з загальними ванними	8,2	0,2	200	140	22
14	Готель з душевими в усіх номерах	12	0,14	80	110	50
15	Поліклініки	1,2	0,14	60	200	25
16	Санаторії	4,9	0,2	200	180	26
17	Аптеки	2	0,2	200	30	4
18	Дитячі садочки зі столовими, що працюють на напівфабрикатах	4,5	0,1	60	100	24
19	Дитячі садочки зі столовими, що працюють на сировині	8	0,14	60	80	24
20	Житлові будинки з централізованим ГВП, сидячими ваннами	9,2	0,2	200	130	34

Примітка 1. Для виконання завдання 8.2 за індивідуальним варіантом місто, для якого виконується розрахунок, прийняти як для завдання 1.1.

ДОДАТОК А

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

Призначення будівлі	Розрахункова температура внутрішнього повітря t_b , °C	Розрахункове значення відносної вологості φ_b , %
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 1. Прийнято за ДСТУ В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»

ДОДАТОК Б

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

№	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² К)	
		α_b	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 вентиляльованим 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

ДОДАТОК В

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 63 повітря					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			≤ 8°С		≤ 10° С		≥ 21° С	
																діб	Сер. темп	діб	Сер. темп	діб	Сер. 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 Д

РОЗРАХУНКОВІ ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Таблиця Д.1 – Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів [4, дод. А]

№.	Назва матеріалу	Характеристика в сухому стані			Розрахунковий вміст води за масою в умовах експлуатації $w, \%$		Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				
		густина $\rho_0,$ кг/м ³	питома теплоємність $c_0,$ кДж/(кг·К)	теплопровідність λ_0 Вт/(м·К)			теплопровідність $\lambda_p,$ Вт/(м·К)		коефіцієнт теплотасвоєння $s,$ Вт/(м ² ·К)		коефіцієнт паропро- никності $\mu,$ 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 Д.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 Д.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 Д.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 Д.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 Д.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 пінозобетон	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
		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 Д.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 Д.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/м ³ (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/м ³ (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/м ³ (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 керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м ³ (брутто)	1350	0,88	0,31	1	2	0,37	0,43	5,06	5,91	0,15
62	3 блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 850 кг/м ³ (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 Д. 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	- мрамур	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 Д.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 багат шаровий 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
Для інших будівельних матеріалів розрахункові значення теплофізичних характеристик необхідно визначати експериментально згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-182.											

ДОДАТОК Е

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 Ж

Опори теплопередачі та коефіцієнти теплопередачі вікон (існуючі серійні будівлі)

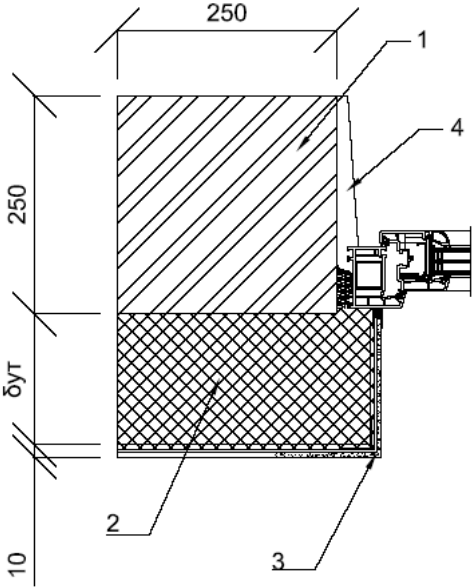
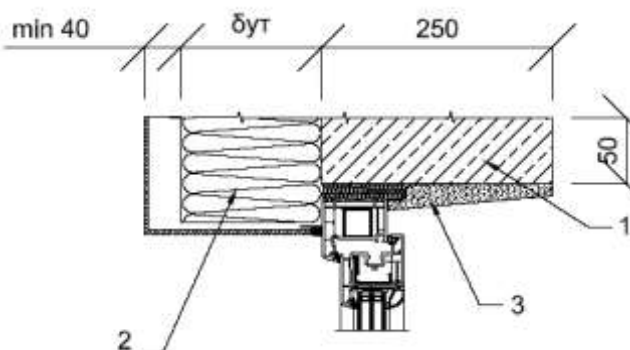
Заповнення світлового отвору	R_0 , ($\text{м}^2\text{К}$)/Вт	K_0 , Вт/($\text{м}^2\text{К}$)
Одинарне застелення в дерев'яних плетіннях	0,17	5,88
Те ж саме в металевих	0,15	6,67
Подвійне застелення в дерев'яних сполучених плетіннях	0,34	2,94
Те ж саме в металевих	0,31	3,23
Подвійне застелення в дерев'яних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

ДОДАТОК К

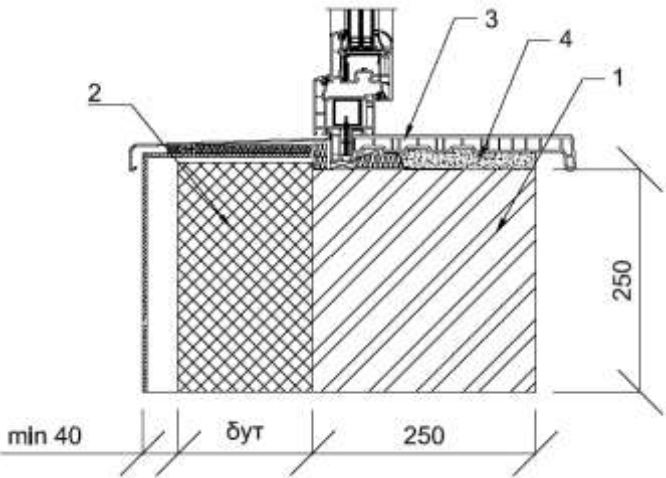
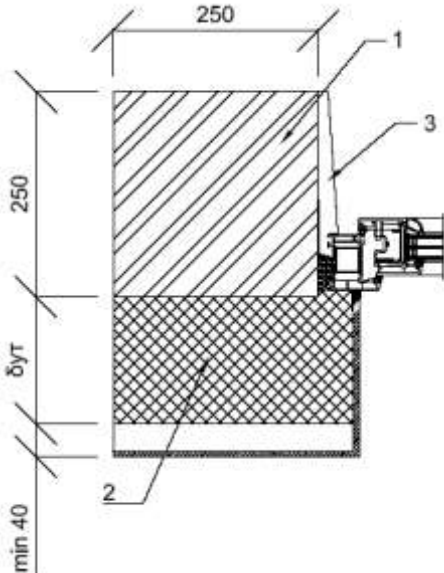
Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних теплопровідних включень ([4], табл.Г1)

@.	Тип теплопровідного включення, його характеристики	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k , Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару			
		розрахункова теплопров., λ , Вт/(м·К)	товщина теплоізоляції, $\delta_{ут}$		
1	2	3	4	5	6
Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з опорядженням штукатуркою в зоні перемички					
1	<p>1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>		120 мм	150 мм	180 мм
		0,045±0,005	0,081	0,081	0,08
Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з опорядженням штукатуркою в зоні підвіконня					
2	<p>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, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 5 – ПВХ підвіконня.</p>		120 мм	150 мм	180 мм
		0,045±0,005	0,059	0,064	0,068

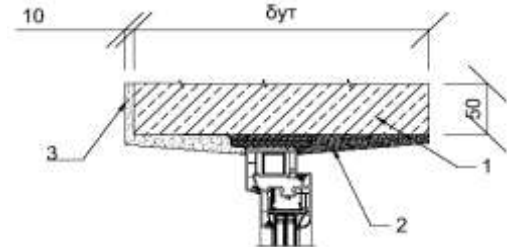
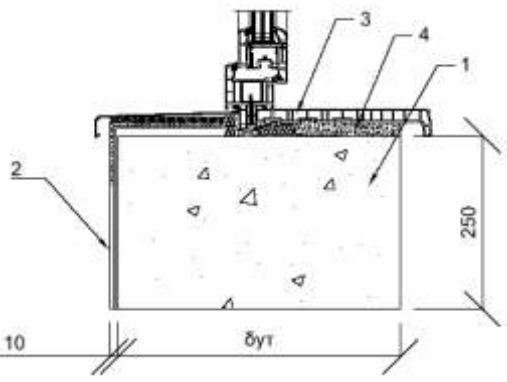
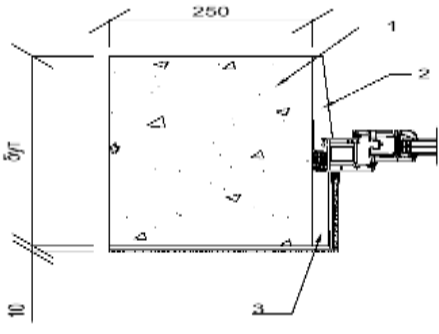
Продовження таблиці додатку К

1	2	3	4	5	6
3	<p data-bbox="293 304 2107 341">Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з опорядженням штукатуркою в зоні рядового сполучення</p>  <p data-bbox="891 555 1368 774">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, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>		120 мм	150 мм	180 мм
	0,045±0,005	0,068	0,071	0,073	
4	<p data-bbox="293 991 2107 1027">Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з вентиляованим повітряним прошарком в зоні перемички</p>  <p data-bbox="913 1150 1339 1294">1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>		150 мм	200 мм	250 мм
	0,045±0,005	0,063	0,062	0,062	

Продовження таблиці додатку К

1	2	3	4	5	6
5	<p data-bbox="293 296 2112 328">Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з вентиляльованим повітряним прошарком в зоні підвіконня</p>  <p data-bbox="987 475 1458 655">1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – ПВХ підвіконня; 4 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045±0,005	150 мм	200 мм	250 мм
6	<p data-bbox="304 839 2101 903">Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з вентиляльованим повітряним прошарком в зоні рядового сполучення</p>  <p data-bbox="987 1145 1458 1286">1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – шар теплоізоляції; 3 – розчин цементно-піщаний, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045±0,005	150 мм	200 мм	250 мм

Продовження таблиці додатку К

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

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

ДОДАТОК Л

Характеристики вітру в січні (таблиця 5 [12])

Таблиця Л – Характеристика вітру у січні

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	
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	
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	
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	
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 Л

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 Л

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

ДОДАТОК М

ДОВІДКОВІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ГВП

Таблиця М.1 — Розрахункові (питомі середні за рік) добові витрати води в житлових будинках, л/добу на одного мешканці (таблиця А1 [8])

Житлові будинки	Кліматичні райони			
	I		II, III та IV	
	Витрата води			
	загальна	у тому числі гаряча	загальна	у тому числі гаряча
З водопроводом і каналізацією без ванн	100	40	110	45
Те саме з газопостачанням	120	48	135	55
З водопроводом, каналізацією і ваннами з водопідігрівачами, які працюють на твердому паливі	150	60	170	70
Те саме з газовими водонагрівачами	210	85	235	95
З централізованим гарячим водопостачанням і сидячими ваннами	230	95	260	105
Те саме з ваннами завдовжки більше ніж 1500 мм	250	100	285	115

Таблиця М.2 — Розрахункові (питомі середні за рік) добові витрати води (таблиця А2 [8])

№ з/п	Споживачі	Одиниця виміру	Розрахункові (питомі) середні за рік добові витрати води, л/добу на одиницю виміру		Підвищувальний коефіцієнт для III, IV кліматичних районів	Тривалість водорозбору, год
			загальна Q_T^{tot}	у т.ч. гарячої Q_T^h		
1	2	3	4	5	6	7
1	Гуртожитки: – з загальними душовими;	1 мешканець	90	50	1,1	24
	– душовими при всіх житлових кімнатах	»	140	80	1,15	24
2	Готелі, пансіонати і мотелі: – категорії *, з пральнею	»	120	70	1,1	24
	– категорії **, з пральнею	»	150	90	1,15	24
	– категорії ***, з пральнею	»	190	100	1,15	24
	– категорії ****, з пральнею	»	230	140	1,15	24
	– категорії *****, з пральнею	»	300	180	1,15	24

Продовження таблиці А.2

1	2	3	4	5	6	7
3	Лікувально-профілактичні та санітарно-профілактичні заклади – із загальними ваннами та душами;	1 ліжко	120	75	1,1	24
	– із санітарними вузлами, які близько до палат;	»	200	90	1,1	24
	– інфекційні	»	240	110	1,1	24
4	Санаторії та санаторії-профілакторії, заклади відпочинку та туризму – із загальними душами;	»	130	65	1,15	24
	– із душами при всіх житлових кімнатах;	»	150	75	1,15	24
	– із ваннами при всіх житлових кімнатах	»	200	100	1,15	24
5	Фізкультурно-спортивні та фізкультурно-оздоровчі комплекси – з їдальнями на півфабрикатах, без прання білизни;	1 місце	60	30	1,15	24
	– з їдальнями, які працюють на сировині, та пральнями	»	200	100	1,1	24
6	Навчальні заклади (спеціальні, санаторні), будинки дитини, дошкільні дитячі будинки, спеціальні та санаторні школи-інтернати – із денним перебуванням дітей: – з їдальнями на півфабрикатах;	1 дитина	40	20	1,1	10
	– з їдальнями, які працюють на сировині, і пральнями;	»	80	30	1,1	10
	– із цілодобовим перебуванням дітей: – з їдальнями на півфабрикатах;	»	60	30	1,15	24
	– з їдальнями, які працюють на сировині, і пральнями;	»	120	40	1,15	24
7	Навчально-освітні та спеціалізовані школи, професійно-навчальні заклади, вищі навчальні заклади, інститути підвищення кваліфікації тощо з душовими при гімнастичних залах і їдальнями, які працюють на півфабрикатах	1 учень (студент і 1 викладач)	20	8	1,1	8
8	Науково-дослідні інститути, проектні та конструкторські організації, установи органів управління та громадських організацій, бібліотеки та музеї, вокзали всіх видів транспорту тощо	1 працівник	15	6	1,2	8

Продовження таблиці А.2

1	2	3	4	5	6	7
9	Підприємства загального харчування – без приготування їжі;	1 страва	2	1	1	
	– з приготуванням їжі, яка реалізується в обідньому залі;	»	12	4	1,0	
	– з приготуванням їжі, яка реалізується на дому	»	10	3	1	
10	Крамниці – продовольчі (без холодильних установок);	1 працівник у зміну або 20 м ² торгов. залу	250	65	1,1	8
	– промтоварні	1 працівник у зміну	20	8	1,1	8
11	Поліклініки та амбулаторії	1 хворий	10	4	1,1	10
		1 працівник у зміну	30	12	1,0	10
12	Аптеки – торговельний зал і допоміжні приміщення;	1 працівник	30	12	1,0	12
	– лабораторія приготування ліків	»	310	55	1,0	12
13	Перукарні	1 робоче місце в зміну	56	33	1,1	12
14	Кінотеатри, театри, клуби і дозвілєво-розважальні заклади – для глядачів;	1 чол.	8	3	1,0	4
	– для артистів	»	40	25	1,0	8

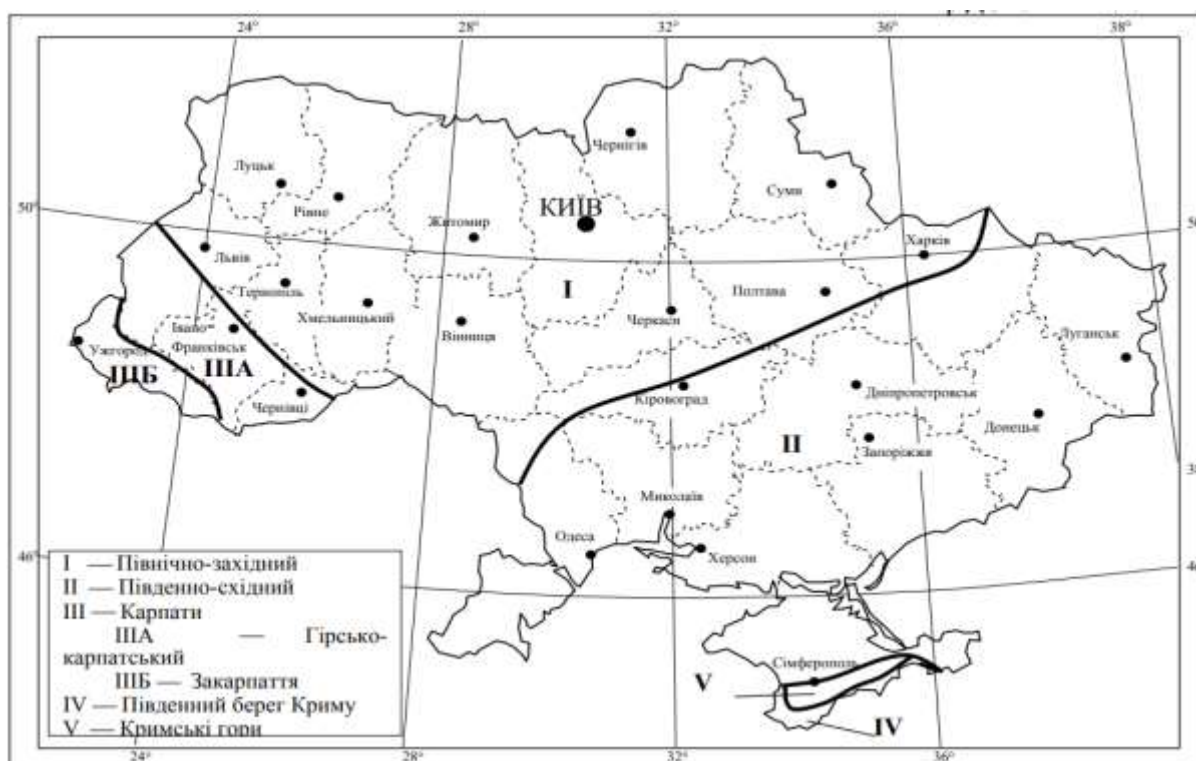


Рис. М.1 — Архітектурно-будівельне кліматичне районування території України [ДСТУ “Будівельна кліматологія”]

Таблиця М.3 — Значення коефіцієнтів α або α_{hr} при $P (P_{hr}) \leq 0,1$ та будь-якому числі N , а також при $P (P_{hr}) > 0,1$ і числі $N > 200$

NP або NPhr	α або α_{hr}	NP або NPhr	α або α_{hr}	NP або NPhr	α або α_{hr}	NP або NPhr	α або α_{hr}	NP або NPhr	α або α_{hr}
<0,015	0,200	0,64	0,767	10,0	4,126	58	16,22	330	76,80
0,015	0,202	0,66	0,779	10,2	4,185	59	16,45	335	77,88
0,016	0,205	0,68	0,791	10,4	4,244	60	16,69	340	78,96
0,017	0,207	0,70	0,803	10,6	4,302	61	16,92	345	80,04
0,018	0,210	0,72	0,815	10,8	4,361	62	17,15	350	81,12
0,019	0,212	0,74	0,826	11,0	4,419	63	17,39	355	82,20
0,020	0,215	0,76	0,838	11,2	4,477	64	17,62	360	83,28
0,021	0,217	0,78	0,849	11,4	4,534	65	17,85	365	84,36
0,022	0,219	0,80	0,860	11,6	4,592	66	18,09	370	85,44
0,023	0,222	0,82	0,872	11,8	4,649	67	18,32	375	86,52
0,024	0,224	0,84	0,883	12,0	4,707	68	18,55	380	87,60
0,025	0,226	0,86	0,894	12,2	4,764	69	18,79	385	88,67
0,026	0,228	0,88	0,905	12,4	4,820	70	19,02	390	89,75
0,027	0,230	0,90	0,916	12,6	4,877	71	19,25	395	90,82
0,028	0,233	0,92	0,927	12,8	4,934	72	19,48	400	91,90
0,029	0,235	0,94	0,937	13,0	4,990	73	19,71	405	92,97
0,030	0,237	0,96	0,948	13,2	5,047	74	19,94	410	94,05
0,031	0,239	0,98	0,959	13,4	5,103	75	20,18	415	95,12
0,032	0,241	1,00	0,969	13,6	5,159	76	20,41	420	96,20
0,033	0,243	1,05	0,995	13,8	5,215	77	20,64	425	97,27
0,034	0,245	1,10	1,021	14,0	5,270	78	20,87	430	98,34

0,035	0,247	1,15	1,046	14,2	5,326	79	21,10	435	99,41
0,036	0,249	1,20	1,071	14,4	5,382	80	21,33	440	100,49
0,037	0,250	1,25	1,096	14,6	5,437	81	21,56	445	101,56
0,038	0,252	1,30	1,120	14,8	5,492	82	21,69	450	102,63
0,039	0,254	1,35	1,144	15,0	5,547	83	22,02	455	103,70
0,040	0,256	1,40	1,168	15,2	5,602	84	22,25	460	104,77
0,041	0,258	1,45	1,191	15,4	5,657	85	22,48	465	105,84
0,042	0,259	1,50	1,215	15,6	5,712	86	22,71	470	106,91
0,043	0,261	1,55	1,238	15,8	5,767	87	22,94	475	107,98
0,044	0,263	1,60	1,261	16,0	5,821	88	23,17	480	109,05
0,045	0,265	1,65	1,283	16,2	5,876	89	23,39	485	110,11
0,046	0,266	1,70	1,306	16,4	5,930	90	23,62	490	111,18
0,047	0,268	1,75	1,328	16,6	5,984	91	23,85	495	112,25
0,048	0,270	1,80	1,350	16,8	6,039	92	24,08	500	113,32
0,049	0,271	1,85	1,372	17,0	6,093	93	24,31	505	114,38
0,050	0,273	1,90	1,394	17,2	6,147	94	24,54	510	115,45
0,052	0,276	1,95	1,416	17,4	6,201	95	24,77	515	116,52
0,054	0,280	2,00	1,437	17,6	6,254	96	24,99	520	117,58
0,056	0,283	2,1	1,479	17,8	6,308	97	25,22	525	118,65
0,058	0,286	2,2	1,521	18,0	6,362	98	25,45	530	119,71
0,060	0,289	2,3	1,563	18,2	6,415	99	25,68	535	120,78
0,062	0,292	2,4	1,604	18,4	6,469	100	25,91	540	121,84
0,064	0,295	2,5	1,644	18,6	6,522	102	26,36	545	122,91
0,065	0,298	2,6	1,684	18,8	6,575	104	26,82	550	123,97
0,068	0,301	2,7	1,724	19,0	6,629	106	27,27	555	125,04
0,070	0,304	2,8	1,763	19,2	6,682	108	27,72	560	126,10
0,072	0,307	2,9	1,802	19,4	6,734	110	28,18	565	127,16
0,074	0,309	3,0	1,840	19,6	6,788	112	28,63	570	128,22
0,076	0,312	3,1	1,879	19,8	6,840	114	29,09	575	129,29
0,078	0,315	3,2	1,917	20,0	6,893	116	29,54	580	130,35
0,080	0,318	3,3	1,954	20,5	7,025	118	29,89	585	131,41
0,082	0,320	3,4	1,991	21,0	7,156	120	30,44	590	132,47
0,084	0,323	3,5	2,029	21,5	7,287	122	30,90	595	133,54
0,086	0,326	3,6	2,065	22,0	7,417	124	31,35	600	134,60
0,088	0,328	3,7	2,102	22,5	7,547	126	31,80	605	135,66
0,090	0,331	3,8	2,138	23,0	7,677	128	32,25	610	136,72
0,092	0,333	3,9	2,174	23,5	7,806	130	32,70	615	137,78
0,094	0,336	4,0	2,210	24,0	7,935	132	33,15	620	138,84
0,096	0,338	4,1	2,246	24,5	8,064	134	33,60	625	139,90
0,098	0,341	4,2	2,281	25,0	8,192	136	34,06	630	140,96
0,100	0,343	4,3	2,317	25,5	8,320	138	34,51	635	142,02
0,105	0,349	4,4	2,352	26,0	8,447	140	34,96	640	143,08
0,110	0,355	4,5	2,386	26,5	8,575	142	35,41	645	144,14
0,115	0,361	4,6	2,421	27,0	8,701	144	35,86	650	145,20
0,120	0,367	4,7	2,456	27,5	8,828	146	36,31	655	146,25
0,125	0,373	4,8	2,490	28,0	8,955	148	36,76	660	147,31
0,130	0,378	4,9	2,524	28,5	9,081	150	37,21	665	148,37
0,135	0,384	5,0	2,558	29,0	9,207	152	37,66	670	149,43
0,140	0,389	5,1	2,592	29,5	9,332	154	38,11	675	150,49
0,145	0,394	5,2	2,626	30,0	9,457	156	38,56	680	151,55
0,150	0,399	5,3	2,660	30,5	9,583	158	39,01	685	152,60
0,155	0,405	5,4	2,693	31,0	9,707	160	39,46	690	153,66
0,160	0,410	5,5	2,726	31,5	9,832	162	39,91	695	154,72
0,165	0,415	5,6	2,760	32,0	9,957	164	40,35	700	155,77
0,170	0,420	5,7	2,793	32,5	10,08	166	40,80	705	156,83
0,175	0,425	5,8	2,826	33,0	10,20	168	41,25	710	157,89
0,180	0,430	5,9	2,858	33,5	10,33	170	41,70	715	158,94

0,185	0,435	6,0	2,891	34,0	10,45	172	42,15	720	160,00
0,190	0,439	6,1	2,924	34,5	10,58	174	42,60	725	161,06
0,195	0,444	6,2	2,956	35,0	10,70	176	43,05	730	162,11
0,20	0,449	6,3	2,989	35,5	10,82	178	43,50	735	163,17
0,21	0,458	6,4	3,021	36,0	10,94	180	43,95	740	164,22
0,22	0,467	6,5	3,053	36,5	11,07	182	44,40	745	165,28
0,23	0,476	6,6	3,085	37,0	11,19	184	44,84	750	166,33
0,24	0,485	6,7	3,117	37,5	11,31	186	45,29	755	167,39
0,25	0,493	6,8	3,149	38,0	11,43	188	45,74	760	168,44
0,26	0,502	6,9	3,181	38,5	11,56	190	46,19	765	169,50
0,27	0,510	7,0	3,212	39,0	11,68	192	46,64	770	170,55
0,28	0,518	7,1	3,244	39,5	11,80	194	47,09	775	171,60
0,29	0,526	7,2	3,275	40,0	11,92	196	47,54	780	172,66
0,30	0,534	7,3	3,307	40,5	12,04	198	47,99	785	173,71
0,31	0,542	7,4	3,338	41,0	12,16	200	48,43	790	174,76
0,32	0,550	7,5	3,369	41,5	12,28	205	49,49	795	175,82
0,33	0,558	7,6	3,400	42,0	12,41	210	50,59	800	176,87
0,34	0,565	7,7	3,431	42,5	12,53	215	51,70	810	178,98
0,35	0,573	7,8	3,462	43,0	12,65	220	52,80	820	181,08
0,36	0,580	7,9	3,493	43,5	12,77	225	53,90	830	183,19
0,37	0,588	8,0	3,524	44,0	12,89	230	55,00	840	185,29
0,38	0,595	8,1	3,555	44,5	13,01	235	56,10	850	187,39
0,39	0,602	8,2	3,585	45,0	13,13	240	57,19	860	189,49
0,40	0,610	8,3	3,616	45,5	13,25	245	58,29	870	191,60
0,41	0,617	8,4	3,646	46,0	13,37	250	59,38	880	193,70
0,42	0,624	8,5	3,677	46,5	13,49	255	60,48	890	195,70
0,43	0,631	8,6	3,707	47,0	13,61	260	61,57	900	197,90
0,44	0,638	8,7	3,738	47,5	13,73	265	62,66	910	200,00
0,45	0,645	8,8	3,768	48,0	13,85	270	63,75	920	202,10
0,46	0,652	8,9	3,798	48,5	13,97	275	64,85	930	204,20
0,47	0,658	9,0	3,828	49,0	14,09	280	65,94	940	206,30
0,48	0,665	9,1	3,858	49,5	14,20	285	67,03	950	208,39
0,49	0,672	9,2	3,888	50	14,32	290	68,12	960	210,49
0,50	0,678	9,3	3,918	51	14,56	295	69,20	970	212,59
0,52	0,692	9,4	3,948	52	14,80	300	70,29	980	214,68
0,54	0,704	9,5	3,978	53	15,04	305	71,38	990	216,78
0,56	0,717	9,6	4,008	54	15,27	310	72,46	1000	218,87
0,58	0,730	9,7	4,037	55	15,51	315	73,55	1250	271,14
0,60	0,742	9,8	4,067	56	15,74	320	74,63	1600	343,90
0,62	0,755	9,9	4,097	57	15,98	325	75,72	2000	426,80