

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

СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА ТА РОЗПОДІЛУ ЕНЕРГІЇ ВИРОБНИЦТВО, РОЗПОДІЛ ТА СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ – 2

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА

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

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2021

Системи виробництва та розподілу енергії. Виробництво, розподіл та споживання теплової енергії – 2: Розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.І. Дешко, І.Ю. Білоус, О.С. Наумчук – Електронні текстові дані (1 файл: 574 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 31 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол 8 від 24.06.2021 р.)
за поданням Вченої ради Інституту енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 10 від 30.03.2021 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА ТА РОЗПОДІЛУ ЕНЕРГІЇ ВИРОБНИЦТВО, РОЗПОДІЛ ТА СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ – 2 РОЗРАХУНКОВА РОБОТА

Укладачі:	<i>Дешко Валерій Іванович, д-р техн. наук, проф. Білоус Інна Юріївна, канд. техн. наук, доцент Наумчук Олена Сергіївна, асп. кафедри ТЕ</i>
Відповідальний редактор	<i>Недбайло Олександр Миколайович, док. техн. наук, с.н.с.</i>
Рецензент	<i>Розен Віктор Петрович, д-р техн. наук, проф., професор кафедри АУЕК ІЕЕ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”</i>

Дане видання призначене для виконання розрахункової роботи «Розрахунок тепловтрат будівлі та теплових мереж» кредитних модулів «Системи виробництва та розподілу енергії» та «Виробництво, розподіл та споживання теплової енергії – 2» для студентів спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» та 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем». Видання включає індивідуальні завдання, послідовність розрахунків та необхідні додатки. Студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати вміння проводити розрахунки теплових втрат будівлі, будувати графік теплового навантаження системи опалення та визначати необхідні дані графічно, проводити розрахунки теплових втрат в мережах.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Мета та завдання розрахункової роботи.....	5
2. Завдання на розрахункову роботу.....	5
3. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи	7
4. Оформлення розрахункової роботи	7
5. Теоретичні відомості та послідовність виконання роботи	8
5.1. Розрахунок теплової потужності системи опалення (витрат теплоти на опалення)	8
5.1.1. Розрахункові теплові втрати приміщення Q_1 , кВт	9
5.1.2. Тепловтрати через огороджувальні конструкції Q_a	9
5.2. Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, Q_v	14
5.3. Побудова графіку тривалості теплового навантаження.....	15
5.4. Розрахунок теплових мереж	19
5.4.1. Завдання.....	19
5.4.2. Методика розрахунку.....	21
ЛІТЕРАТУРА	233

Вступ

Величина теплових втрат будівлі є експертною оцінкою огорожувальних конструкцій та потужності системи опалення будівлі, дає змогу оцінити ефективність впроваджених заходів енергозбереження. Величина теплових втрат будівлі залежить від географії місцевості, типу будівлі та призначення.

Для детального аналізу системи теплозабезпечення та оцінки ефективності роботи котельні найкращим та найбільш наглядним методом розрахунку є визначення площі під графіком тривалості теплового навантаження.

1. Мета та завдання розрахункової роботи

Мета розрахункової роботи – закріпити та поглибити теоретичні знання, отримані студентами при вивченні дисциплін «Системи виробництва, розподілу та споживання енергії» (144) та «Виробництво, розподіл та споживання теплової енергії» (141), а саме, проводити розрахунок:

- теплових втрат будівлі відповідно до заданих вихідних даних;
- теплового навантаження системи опалення;
- тепловтрат в мережах.

При виконанні розрахункової роботи необхідно провести розрахунок теплової потужності системи опалення, побудувати графік теплового навантаження на систему опалення, провести тепловий розрахунок тепломереж.

Розрахункова робота містить розрахунки:

- 1) Тепловтрат для окремих будівель (відповідно до варіанту);
- 2) Сумарні тепловтрати зовнішніх огорожень;
- 3) Тепловтрати на вентиляцію;
- 4) Теплове навантаження будівлі (побудова графіку теплового навантаження);
- 5) Теплових мереж.

Графічним результатом виконаної роботи є відображення графіка теплового навантаження для заданих варіантом умов.

2. Завдання на розрахункову роботу

Згідно заданого викладачем варіанту, провести розрахунок системи опалення, витрат теплоти у тепломережах та побудувати графік теплового навантаження, користуючись наступними даними:

Тип будівлі – таблиця 1.

Висота будинку, h , м

Місцезнаходження – згідно варіанту за номером списку.

Площа будинку, $S, \text{м}^2$

Сума загальних площ усіх квартир, що опалюється, $\Sigma F_i^{\text{оп}}, \text{м}^2$

Кратність повітрообміну $n, \text{год}^{-1}$

Об'єм будинку, $V, \text{м}^3$

Площа вікон, $\Sigma F_{\text{вік}}, \text{м}^2$

Площа зовнішніх стін, $\Sigma F_{\text{з.с.}}, \text{м}^2$

Значення термічних опорів зовнішніх конструкцій, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$:

- зовнішні стіни, $R_{\text{з.с.}}$
- горищне перекриття, $R_{\text{г.п.}}$
- перекриття над підвалом, $R_{\text{п.п.}}$
- вікна, $R_{\text{вік.}}$

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку

№	Тип будівлі	Місто	h, м	S, м^2	$\Sigma F_i^{\text{оп}}, \text{м}^2$	n, год^{-1}	V, м^3	$\Sigma F_{\text{вік}}, \text{м}^2$	$\Sigma F_{\text{з.с.}}, \text{м}^2$	$R_{\text{з.с.}}$	$R_{\text{г.п.}}$	$R_{\text{п.п.}}$	$R_{\text{вік.}}$
											$(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$		
1	Житл. буд., пов. 3	Київ	20	200	2000	1	7000	200	1000	0,8	1	1,2	0,35
2	Адмін. буд., 4 пов.	Одеса	21	210	1900	1,3	7500	250	1100	0,75	1,1	1,25	0,36
3	Житл. буд., 5 пов.	Харків	22	220	1800	1	8000	300	1200	0,65	1,2	1,3	0,37
4	Адмін. буд., 4 пов.	Вінниця	23	230	1700	1,5	8500	350	1300	0,7	1,3	1,35	0,38
5	Дит. садок, 2 пов.	Житомир	24	240	1600	1,5	9000	400	1500	0,55	1,4	1,4	0,39
6	Житло ва буд., 4 пов.	Львів	25	250	1500	0,4	9500	150	1600	0,95	1,5	1,45	0,4

7	Адмін. буд., 3 пов.	Черкаси	26	260	1400	1,8	6000	160	1700	0,85	1,6	1,5	0,41
8	Житл.б уд., 3 пов.	Київ	27	270	1300	0,6	6500	170	1800	0,82	1,7	1,55	0,42

Продовження таблиці 1 – Вихідні дані для розрахунку

9	Адмін. буд., 5 пов.	Чернівці	28	280	1200	1,9	5500	180	1900	0,73	1,8	1,6	0,43
10	Житл. буд., пов. 5	Рівне	29	290	1100	1	5000	190	2000	0,8	1,9	1,65	0,44
11	Адмін. буд., пов. 3	Чернігів	20	200	2000	2	7000	200	1000	0,8	1	1,2	0,35
12	Житл. буд., 4 пов.	Херсон	21	210	1900	0,4	7500	250	1100	0,75	1,1	1,25	0,36
13	Адмін. буд., 5 пов.	Одеса	22	220	1800	1,2	8000	300	1200	0,65	1,2	1,3	0,37
14	Житл.. буд., 4 пов.	Запоріжжя	23	230	1700	1	8500	350	1300	0,7	1,3	1,35	0,38

3. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи

Перед виконанням розрахункової роботи необхідно за рекомендаційним підручником та додатками, що наведені в кінці методичних рекомендацій, ознайомитись з кліматичними особливостями міст України, температурними характеристиками окремих типів будівель. При виконанні розрахункової

частини варто обирати та розраховувати розрахункові величини по кожному пункту.

4. Оформлення розрахункової роботи

Розрахунково – пояснювальна записка розрахункової роботи повинна бути оформлена у середовищі MS Word, шрифт –Times New Roman, розмір – 14, міжстроковий інтервал – 1,5. Після формул, результатів розрахунків та окремих числових значень обов’язково слід вказувати одиниці величин.

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

Тема роботи
(шифр роботи)

Керівник:
Дешко В.І.
Виконав:
студ. Іванов І.І.
(варіант)

Київ 2021

Рис. 1. Зразок оформлення титульного листа

Розрахункову роботу виконують на листі формату А4. Кожен лист роботи повинен мати рамку, що розміщують на відстані 20 мм від лівої границі формату та 5 мм – від інших. Перший лист розрахункової роботи – титульний (Рис. 1). На другому листі, приводять вміст (зміст) розрахункової роботи. Кожну частину розрахункової роботи варто починати з нової сторінки.

Оформлену розрахункову роботу необхідно надати на підпис керівнику.

5. Теоретичні відомості та послідовність виконання роботи

5.1. Розрахунок теплової потужності системи опалення (витрат теплоти на опалення)

В холодний період року з будівель відбуваються втрати теплоти, оскільки $t_{вн} < t_{зовн}$. Щоб їх компенсувати, необхідно спроектувати систему опалення (СО).

Розрахункова теплова потужність системи опалювання визначається за формулою, кВт:

$$Q = Q_1 \cdot b_1 \cdot b_2 + Q_2 \quad (1)$$

де Q_1 - розрахункові теплові втрати будівлі, кВт (розглядається далі);

b_1 - коефіцієнт, що враховує додатковий тепловий потік від опалювальних приладів за рахунок округлення понад розрахункову величину до потрібного типорозміру $b_1 = 1,02 - 1,14$;

b_2 - коефіцієнт обліку додаткових втрат теплоти опалювальними приладами, розташованими у зовнішніх огорож за відсутності теплозахисних екранів:

$b_2 = 1,01$ – житлові будівлі,

$b_2 = 1,02 - 1,03$ виробничі,

$b_2 = 1,07$ – якщо прилад встановлено біля світлового проєму.

Q_2 - втрати теплоти трубопроводами, що проходять в неопалювальних приміщеннях, кВт. Для заданих умов не враховуємо.

5.1.1. Розрахункові теплові втрати приміщення Q_1 , кВт

$$Q_1 = Q_a + Q_v + Q_{техн} \quad (1.1)$$

де Q_a - тепловий потік через огорожувальні конструкції, кВт;

Q_v - втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря (яке надходить до приміщення крізь вікна, двері, ворота чи нещільності будівельних конструкцій а також повітря, що надходить для потреб вентиляції з нижчою температурою у порівнянні з температурою приміщення), кВт.

$Q_{\text{техн}}$ – витрати теплоти на нагрівання матеріалів, устаткування і транспортних засобів, тільки для виробничих будівель.

5.1.2. Тепловтрати через огорожувальні конструкції Q_a

Тепловтрати здійснюються через огорожувальні конструкції (вікна, стіни, підлогу – 1 поверх, стелю – останній поверх, зовнішні двері).

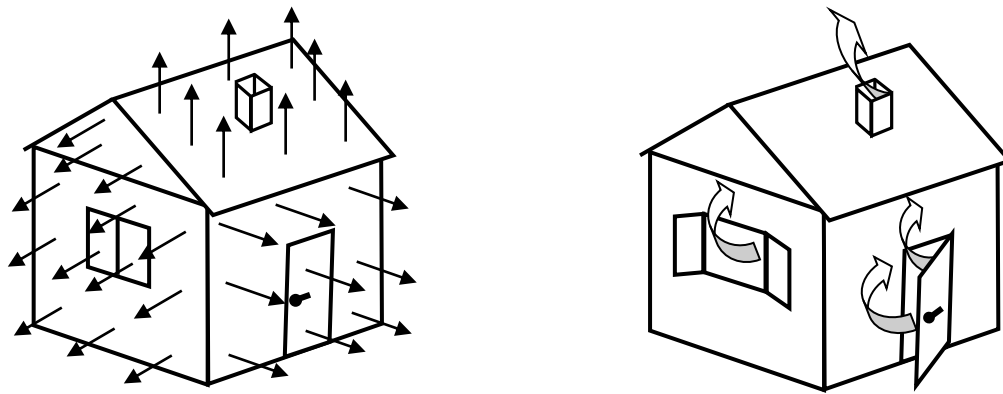


Рис.2. Теплові втрати в навколишнє середовище крізь огорожувальні конструкції та вентиляцію.

$$Q_a = Q_{\text{огр}} = Q_{\text{огр}}^{\text{ст}} + Q_{\text{огр}}^{\text{вік}} + Q_{\text{огр}}^{\text{дв}} + Q_{\text{огр}}^{\text{дах}} + Q_{\text{огр}}^{\text{пд}} \quad (1.2)$$

де: $Q_{\text{огр}}^{\text{ст}}$, $Q_{\text{огр}}^{\text{вік}}$, $Q_{\text{огр}}^{\text{дв}}$, $Q_{\text{огр}}^{\text{дах}}$, $Q_{\text{огр}}^{\text{пд}}$ – відповідно теплові втрати крізь стіни, вікна, двері, стелю (дах) та підлогу, кВт.

Тепловтрати конструкцій визначаються за формулою:

$$Q_a = Q_{\text{огр}} = \sum K_i \cdot F_i \Delta t_i (1 + \sum \beta) n_i = \sum (1/R_0) \cdot F_i (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) (1 + \sum \beta) n_i \quad (1.3)$$

де $K_i = 1/R_0$, Вт/(м²*К) – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх огорожень;

F , м² - площа поверхні огорожувальної конструкції;

- зовнішні стіни розраховуються за зовнішніми розмірами,

- вікна – за розмірами в світу,
- підлога, стеля – за внутрішніми розмірам.

При визначенні тепловтрат крізь зовнішні двері площу їх віднімають від площі стін і коефіцієнт теплопередачі приймають повністю, оскільки добавки на основні тепловтрати зовнішньої стіни і дверей різні.

Для кожного приміщення слід розраховувати тепловтрати внутрішніх стін $Q_{\text{вн}}$ тільки через одну внутрішню стіну при різниці температур між внутрішніми приміщеннями 8 град.

$$\Delta t_i = (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}), \text{ } ^\circ\text{C}$$

– різниця температур;

$t_{\text{вн}} = f(\text{призначення будівлі})$ — розрахункова температура внутрішнього повітря, $^\circ\text{C}$. (дит. заклади $t_{\text{вн}} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$, адмін. будівлі $t_{\text{вн}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$, житлові $t_{\text{вн}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$).

$t_{\text{зовн}} = t_{\text{р.о.}}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення – додаток 1 ;

n - коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур ($t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}$), залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря ; (наведено в додатку 2)

$n=0,6 - 1$ – горизонтальні огороження,

$n=1$ – вертикальні огороження,

$\Sigma\beta$ - додаткові втрати теплоти в долях від основних: але $\Sigma\beta \leq 20\%$!

R_0 , $(\text{м}^2 \text{ K})/\text{Вт}$ – опір теплопередачі огороження, розраховується так:

(крім підлоги на ґрунті):

$$R_0 = 1/\alpha_{\text{вн}} + R_k + 1/\alpha_{\text{зовн}} \quad (1.4)$$

де $\alpha_{\text{вн}}$ і $\alpha_{\text{зовн}}$, Вт/(м²К) - коефіцієнти тепловіддачі на внутрішній і зовнішній поверхні огорожень;

R_k , (м²К)/Вт - термічний опір огорожувальної конструкції нормується згідно температурних зон.

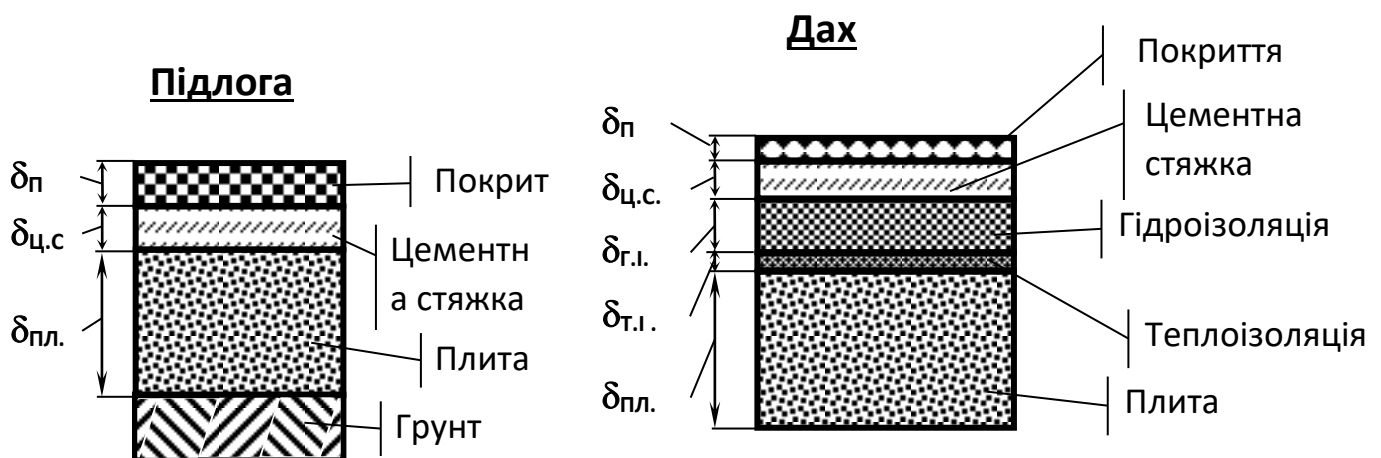
Термічний опір R_k , (м²К)/Вт огорожувальної конструкції з однорідними шарами різних матеріалів, які розташовані послідовно за напрямком руху теплового потоку, визначається як сума термічних опорів окремих шарів (див. рис.4):

$$R_k = R_{\text{з.с.}} + R_{\text{г.п.}} + R_{\text{п.п.}} + R_{\text{вік}} + R_{\text{ПП}} = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (1.5)$$

де $R_{\text{з.с.}}$; $R_{\text{г.п.}}$; $R_{\text{п.п.}}$; $R_{\text{вік}}$, (м²К)/Вт - термічні опори окремих шарів огорожувальної конструкції (зовнішні стіни, горищне перекриття, перекриття над підвалом та вікна відповідно; див. вихідні дані відповідно до наданого варіанту), $R_{\text{ПП}}$ - термічний опір замкненого повітряного прошарку (при зміні товщини прошарків - від 10 до 300 мм: від 0,129 до 0,240);

δ_i , м - товщина шару;

λ_i , Вт/(м К) - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару;



ЗОВНІШНЯ СТІНКА

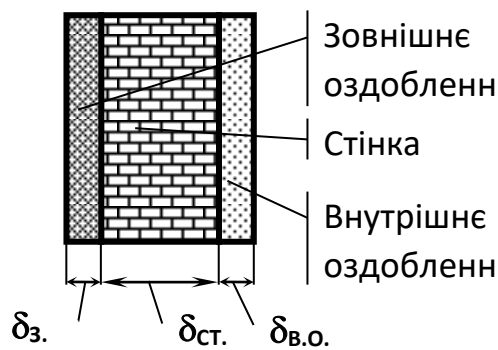


Рис. 3. Вертикальні розрізи зовнішньої стінки, даху та підлоги

Втрати теплоти через підлогу, розташовану на ґрунті або на лагах, підраховуються по зонах з урахуванням відстані зон від зовнішніх стін (див. рис.5) за формулою:

$$Q_{\text{огр}}^{\text{пл}} = (F_I/R_I + F_{II}/R_{II} + F_{III}/R_{III} + F_{IV}/R_{IV})(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \quad (1.6)$$

де $F_I, F_{II}, F_{III}, F_{IV}$ - площа відповідно першої, другої, ... зон, м^2 ;

$R_I; R_{II}; R_{III}; R_{IV}$ - термічний опір відповідно першої, 4 зон, $(\text{м}^2\text{К})/\text{Вт}$.

Смуга підлоги шириною 2 м, паралельна лінії зовнішньої стіни, називається зоною. Найближча до зовнішньої стіни зона вважається першою, подальші — другою і третьою, а вся решта частини підлоги — четвертою. Частина площі *першої* зони (2x2 м), яка прилягає до кута зовнішніх стін, має підвищені тепловтрати і враховується двічі.

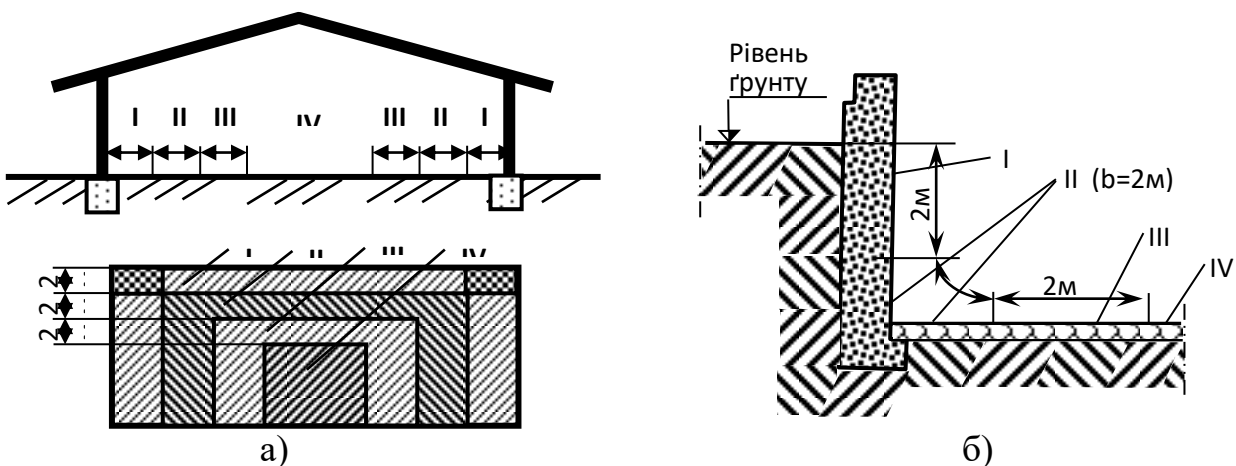


Рис. 4. До визначення теплових втрат крізь підлогу (а) та підвал (б).

Термічний опір підлоги R:

а) для неутепленої підлоги на ґрунті термічний опір $R_{н.п.}$, $(m^2K)/Вт$, для окремих зон неутепленої підлоги (таблиця 2):

Таблиця 2 – Термічний опір підлоги в залежності від зони

Зона	I	II	III	IV- для площі підлоги, що залишилася
Термічний опір, $(m^2K)/Вт$	$R_{н.п.}^I$	$R_{н.п.}^{II}$	$R_{н.п.}^{III}$	$R_{н.п.}^{IV}$
	2,15	4,3	8,6	14,2

б) для окремої зони утепленої підлоги на ґрунті

$$R=R_{у.п.}= R_{н.п.}+\sum \delta_{у.ш.}/\lambda_{у.ш.},$$

де $R_{н.п.}$ - термічний опір неутепленої підлоги на ґрунті для окремої зони, $(m^2K)/Вт$;

$\delta_{у.ш.}$ - товщина утеплюючих шарів, м;

$\lambda_{у.ш.}$ - теплопровідності утеплюючих шарів, $Вт/(м K)$.

Підлога, яка розташована на ґрунті, вважається неутепленою, якщо її конструкція незалежно від товщини підлоги складається з шарів матеріалів, коефіцієнт теплопровідності кожного з яких $\lambda > 1,163 Вт/(м K)$. Підлога, яка розташована на ґрунті, вважається утепленою, якщо її конструкція складається з шарів матеріалів, коефіцієнт теплопровідності одного з яких - утеплюючого шару $\lambda < 1,163 Вт/(м K)$;

в) для підлоги на лагах

$$R=R_{л}=1,18 R_{у.п}$$

5.2. Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, Q_v

Розраховуються для кожного опалювального приміщення, що має одне або більшу кількість вікон або балконних дверей в зовнішніх стінах, виходячи з необхідності забезпечення підігріву опалювальними приладами зовнішнього повітря в об'ємі однократного повітрообміну в годину по формулі:

$$Q_{\text{в}} = 0,337 A_{\text{п}} \cdot h (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) 10^{-3} \quad (2.1)$$

де $A_{\text{п}}$ - площа підлоги приміщення, кв. м;

h - висота приміщення від підлоги до стелі, м, але не більше 3,5.

Розрахунок втрати теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується через нещільності захищаючих конструкцій виконувати не потрібно.

При виконанні РГР втрати на нагрівання вентиляційного повітря пропонується розраховувати за наступною формулою (2.2):

$$Q_{\text{в}} = 0,337 \cdot V \cdot n (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) 10^{-3} \quad (2.2)$$

де n , год⁻¹ – кратність повітрообміну (згідно заданого варіанту)

Після визначення $Q_{\text{а}}$ і $Q_{\text{в}}$ (формули (1.3) та (2.2) відповідно), визначаємо Q_1 (формула (1.1)), обчислюємо теплову потужність системи опалення Q .

5.3. Побудова графіку тривалості теплового навантаження

Для побудови графіку тривалості теплового навантаження використовуємо отримане значення теплової потужності системи опалення та враховуємо витрату теплоти на ГВП.

Розрахункова витрата теплоти на гаряче водопостачання будівлі, кВт:

$$Q_{\text{ГВП}} = m C q_{\text{ГВ}} (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}) \rho / (1000 \cdot 24 \cdot 3600) \quad (3.1)$$

де m – кількість людей, чол; для житлових будівель приймаємо $m = 13; 25; 40$ чол. відповідно для 3-, 4, 5- поверхових будинків; для адмін. будівель приймаємо $m = 20$ чол; для дит. садків $m = 43$ чол.

C – питома теплоємність води, Дж / (кг К);

$t_{гв}$ – температура води на гаряче водопостачання, приймається $55\text{ }^{\circ}\text{C}$;

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

ρ – густина води при $t = t_{гв}$, кг/м^3 ;

$q_{гв}$ – середня за опалювальний сезон норма витрати гарячої води при $t_{гв} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $q_{гв} = 105$ л/добу.

Дані, отримані при розрахунку витрати теплоти при розрахунковій температурі зовнішнього повітря t_3 , відповідають середній зовнішній температурі найбільш холодної п'ятиденки. Окрім цих даних необхідно визначити витрати теплоти при характерних зовнішніх температурах t_i , де t_i – середньодобова температура, що дорівнює або є нижчою від тієї t_3 , що розглядається у додатку 5 для певного міста (ст.18).

Для цього визначаємо витрату теплоти на опалення при температурі зовнішнього повітря t_i , кВт:

$$Q_o^{max} = \frac{t_{вн} - t_i}{t_{вн} - t_{по}} Q, \quad (3.2)$$

де t_i – значення температури від $t_{р.о.}$ до найвищої температури опалювального періоду.

$t_{вн}$ – розрахункова температура всередині опалювальних приміщень (в залежності від типу будівлі – дит. заклади $t_{вн} = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$, адмін. будівлі $t_{вн} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, житлові $t_{вн} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Для розрахункового визначення річної витрати теплоти необхідно використовувати результати, отримані для середніх витрат при температурі, що рівна середній за опалювальний період, ГДж:

$$Q_o^{\text{рік}} = Q_o^{\text{ср}} n_0 3.6 \cdot 10^{-3} \quad (3.3)$$

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{рік}} = [Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} n_0 + Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср.л.}} (8400 - n_0)] 3.6 \cdot 10^{-3}, \quad (3.4)$$

де $Q_o^{\text{ср}}$ – визначаються при $t = t_{\text{с.о.}}$;

$Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср.л.}} = 0,65 Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}}$ – витрата теплоти на гаряче водопостачання в літній період;

n_0 – тривалість опалювального періоду, год (див. додаток 5, n_0 з перерахунком в год).

Сумарна річна витрата теплоти:

$$Q_{\Sigma}^{\text{рік}} = Q_o^{\text{рік}} + Q_{\text{ГВП}}^{\text{рік}}. \quad (3.5)$$

За даними розрахунків будують графіки максимальних та середніх витрат теплоти на опалення та гаряче водопостачання в залежності від зовнішніх температур в діапазоні $+8^{\circ}\text{C} \dots t_{\text{р.о.}}$. Сумуючи ординати цих графіків, отримують графіки сумарних теплових навантажень. Приклад побудови графіку показано на рис. 5, де також показане навантаження на механічну вентиляцію, ми його не враховуємо.

Справа отриманого графіку витрат будують графіки тривалості опалювального періоду теплового навантаження для сумарного середнього навантаження.

Для цього на осі абсцис відкладають число годин опалювального періоду, протягом яких спостерігається зовнішня температура, рівна та нижча заданої, по осі ординат – сумарна витрата теплоти при даній зовнішній температурі. Для спрощення починаємо вести відлік годин стояння на осі абсцис від зовнішньої температури $t_{\text{р.о.}}$. Тому початку координат осі абсцис відповідатиме витрата теплоти для розрахункових умов. Для побудови такого графіка з додатку 4 знаходять спочатку число годин стояння до найближчої більшої від $t_{\text{р.о.}}$. Наприклад, для міста Київ $t_{\text{р.о.}} = -22^{\circ}\text{C}$ (додаток 5). Стояння

нижче -20°C буде 36 годин (додаток 4). Далі з додатку 4 знаходять число годин стояння різних зовнішніх температур для географічного пункту (міста), в якому розташована будівля з інтервалом температур 5°C , включаючи в інтервал тривалість стояння даної температури і температур нижче неї.

Наприклад, для міста Київ по осі абсцис відкладають від початку координат $n_1 = 36$ год (час стояння температур нижче -20°C , потім $n_2 = n_1 + 130 = 166$ год - нижче -15°C , $n_3 = n_2 + 336 = 502$ год нижче -10°C , і так далі до температур нижче 8°C . По осі ординат відкладають Q_{Σ}^{cp} , що відповідають цим t_i – температурам зовнішнього повітря.

Справа до графіка треба прибудувати графік сумарного літнього навантаження гарячого водопостачання. Число годин роботи системи гарячого водопостачання за рік прийняти $n_2 = 8400$. На рис. 5 показано характер графіків.

Обчислюють площі під кривою річного графіка (без літнього навантаження) S_0 , см^2 , і, знаючи масштаби за осями m_b , кВт/см ; m_r , год/см , визначають витрату теплоти за опалювальний період, ГДж:

$$\dot{Q}_0 = S_0 m_b m_r \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (3.6)$$

Аналогічно визначають витрату теплоти за літній період $Q_{\text{л}}$. Тоді сумарна річна витрата теплоти, визначена за графіком $Q_{\Sigma}^{\text{рік}} = \dot{Q}_0 + Q_{\text{л}}$. Отримане значення повинно відповідати розрахованому за формулою (3.5) (розходження не повинно перевищувати 5%).

Визначають середню витрату теплоти за опалювальний період, кВт:

$$Q_0^{\text{cp}} = \frac{\dot{Q}_0 \cdot 10^3}{n_0 \cdot 3,6} \quad (3.7)$$

і час використання максимуму навантаження в опалювальний період, год:

$$n_m = \frac{Q_0 \cdot 10^3}{Q_{\Sigma} \cdot 3,6}, \quad (3.8)$$

де $Q_{\Sigma}^I = Q_0 + Q_{ГВП}$ – розрахункове теплове навантаження при $t = t_{p.o.}$. Наносять значення цих величин на річний графік.

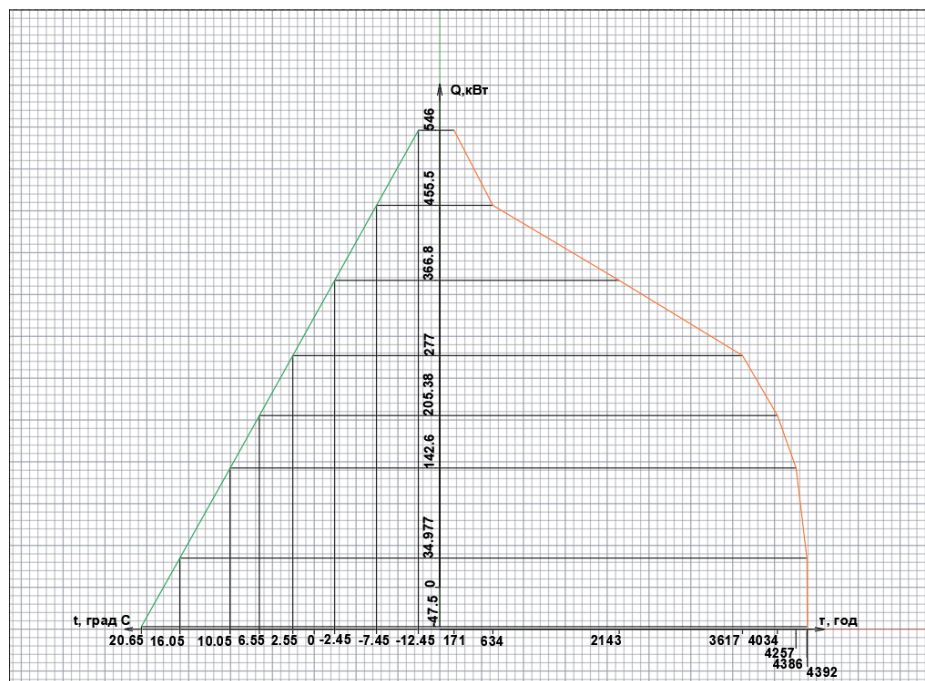
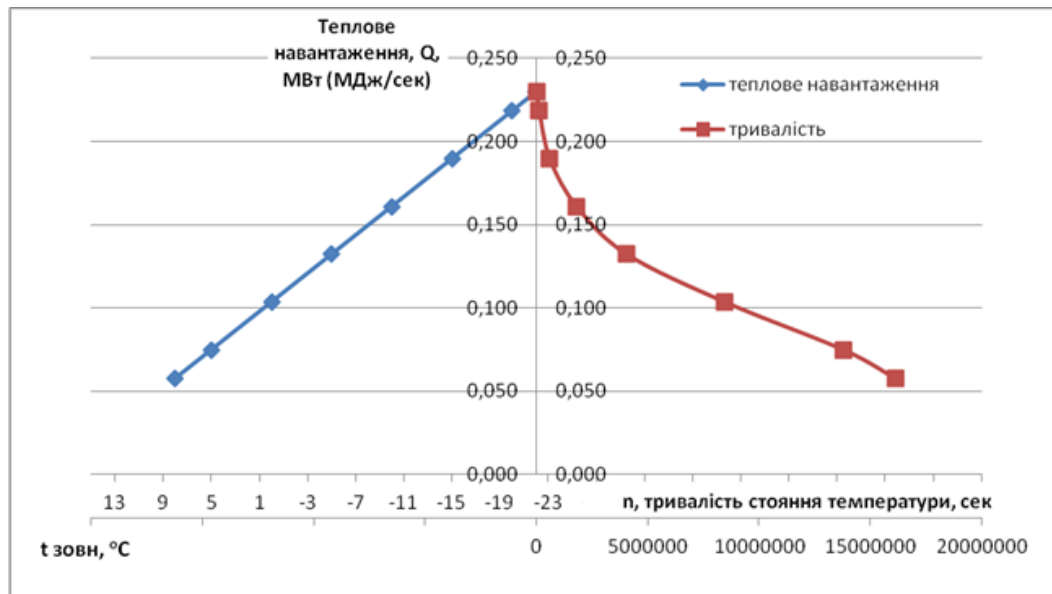


Рис.5. Побудова графіка тривалості теплового навантаження

5.4. Розрахунок теплових мереж

5.4.1.Завдання

Дано два трубопроводи системи теплозабезпечення з температурою в подавальному $t_1' = t_{c.mn1}$ та зворотному $t_1'' = t_{c.mn2}$ трубопроводах. Прокладка

трубопроводів безканальна на глибині h , коефіцієнт теплопровідності ґрунту λ_2 , температура ґрунту t_2 , довжина трубопроводів L , відстань між осями подавального та зворотного трубопроводу b . Зовнішній діаметр подавального та зворотного трубопроводів однаковий та становить d_3 .

Визначити втрати теплоти з трубопроводів Q з ізоляцією різної товщини δ_{i3} . Побудувати залежність втрат теплоти Q від трубопроводів з різною товщиною ізоляції, $Q = f(\delta_{i3})$.

Вихідні дані відповідно до варіанту наведені в Таблиці 3.

Таблиця 3 – Вихідні дані до розрахунку

Варіант	$t_{c.mn1}, ^\circ C$	$t_{c.mn2}, ^\circ C$	$h, м$	$\lambda_2, \frac{Bm}{(M \cdot K)}$	$t_2, ^\circ C$	$L, м$	$b, м$	$d_3, м$	$\delta_{i3}, м$
1	150	70	1,0	1,0	5	150	0,85	0,114	0,15
									0,1
									0,0
2	130	70	1,1	1,1	6	200	1,05	0,133	0,16
									0,08
									0,0
3	115	70	1,2	1,2	7	160	1,1	0,159	0,15
									0,09
									0,01
4	105	70	1,3	1,3	8	180	0,85	0,114	0,14
									0,07
									0,0
5	95	70	1,4	1,4	5	140	1,05	0,133	0,15
									0,1
									0,03
6	150	70	1,5	1,5	5	120	1,1	0,159	0,16
									0,09
									0,0
7	130	70	1,2	1,6	6	100	0,85	0,114	0,13
									0,06
									0,0
8	115	70	1,4	1,7	6	110	1,05	0,133	0,14
									0,06
									0,0
9	105	70	1,1	1,8	7	90	0,85	0,114	0,15
									0,075

									0,0
10	95	70	1,3	1,9	7	190	1,05	0,133	0,16
									0,08
									0,0
11	150	70	1	2	8	170	1,1	0,159	0,15
									0,07
									0,0

Продовження таблиці 3 – Вихідні дані до розрахунку

12	130	70	1,5	1,5	8	150	0,85	0,114	0,14
									0,07
									0,0
13	105	70	1,2	1,7	7	50	1,1	0,159	0,15
									0,1
									0,0
14	95	70	1,5	1,9	5	50	0,85	0,133	0,14
									0,07
									0,0

5.4.2. Методика розрахунку

При безканальній прокладці трубопроводу термічний опір подавального та зворотного трубопроводу, $\text{м}^\circ\text{C}/\text{Вт}$:

$$R_1 = R_{i1} + R_{ГР1}; \quad (4.1)$$

$$R_2 = R_{i2} + R_{ГР2}; \quad (4.2)$$

$$R_{ГР1} = \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{h}{d_{i3}}; \quad (4.3)$$

$$R_{ГР2} = \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{h}{d_{i32}}. \quad (4.4)$$

Термічний опір шару ізоляції, $\text{м}^\circ\text{C}/\text{Вт}$:

$$r_{i3} = \frac{1}{2\pi\lambda_{i3}} \ln \frac{d_{i3}}{d_3} \quad (4.5)$$

де δ_{i3} – товщина ізоляції, м (таблиця 3);

$$d_{i3} = d_3 + 2\delta_{i3},$$

λ_{i3} – теплопровідність ізоляції, Вт/(м·К).

Прийняти, що трубопроводи утеплені ізоляцією з пінополіуретану з $\lambda_{i3} = 0,025$ Вт/(м·К).

Визначають втрати теплоти (лінійну густину теплового потоку) подавального (формула 4.6) та зворотного (формула 4.7) трубопроводу, Вт/м:

$$q_1 = \frac{(t_{c.mn1} - t_{cp})R_2 - (t_{c.mn2} - t_{cp})R_0}{R_1 R_2 - R_0^2}, \quad (4.6)$$

$$q_2 = \frac{(t_{c.mn2} - t_{cp})R_1 - (t_{c.mn1} - t_{cp})R_0}{R_1 R_2 - R_0^2}. \quad (4.7)$$

де $R_0 = \frac{1}{2\pi\lambda_z} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{b}\right)^2}$ – умовний термічний опір, що враховує скупний вплив двох трубопроводів один на один; м

b – горизонтальна відстань між осями труб, м (таблиця 3).

Сумарні втрати теплоти з одного метру погонного трубопроводів , Вт/м:

$$q = q_1 + q_2. \quad (4.8)$$

Загальні втрати теплоти зі всього теплопроводу, Вт:

$$Q_{тр} = q \cdot L. \quad (4.9)$$

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. // Мінрегіонбуд України. – 2013.
2. ДСТУ – Н Б В.1.1 – 27: 2010 Будівельна кліматологія. // Мінрегіонбуд України. – 2011.
3. Соколов Е. Я. Тепловые сети / Е. Я. Соколов. – Москва, 1956. – 236 с.

Розрахункова температура зовнішнього повітря

Найменування областей	$t_{p.o.} / t_{cp.o.}$ °C	Тривалість опалювального періоду, діб, n_o	Найменування областей	$t_{p.o.} / t_{cp.o.}$ °C	Тривалість опалювального періоду, діб, n_o
1	2	3	4	5	6
Республіка Крим	-15 / 2,6	154	Львівська область	-19 / 0,4	179
Вінницька область	-21 / -0,2	182	Миколаївська область	-20 / 1,1	161
Волинська область	-20 / 0,3	180	Одеська область	-18 / 2	158
Дніпропетровська область	-24 / -0,2	172	Полтавська область	-23 / -0,8	178
Донецька область	-22 / -0,5	176	Рівненська область	-21 / 0,1	182
Житомирська область	-22 / -0,2	184	Сумська область	-25 / -1,4	187
Закарпатська область	-18 / 1,4	154	Тернопільська область	-20 / -0,2	184
Запорізька область	-21 / 0,6	166	Харківська область	-23 / -1,0	179
Івано-Франківська область	-20 / 0,4	179	Херсонська область	-19 / 1,3	163
Київська область	-22 / -0,1	176	Хмельницька область	-21 / -0,1	183
Кіровоградська область	-22 / -0,3	175	Черкаська область	-21 / -0,3	178
Луганська область	-25 / -0,4	172	Чернівецька область	-20 / 0,5	175
			Чернігівська область	-23 / -0,9	187

Коефіцієнт n

Огороджуючі конструкції	Коефіцієнт n
1. Зовнішні стіни й покриття (у тому числі вентилявані зовнішнім повітрям), перекриття горища (з покрівлею з штучних матеріалів) і над проїздами; перекриття над холодними підпіллями	1
2. Перекриття над холодними підвалами, що суміжні з зовнішнім повітрям; перекриття горища (з покрівлею з рулонних матеріалів); перекриття над холодними (з огороджувочими стінками) підпіллями й холодними поверхами у Північній будівельно-кліматичній зоні	0,9
3. Перекриття над неопалюваними підвалами з світловими прорізами в стінах	0,75
4. Перекриття над неопалюваними підвалами без світлових прорізів у стінах, розташованих вище рівня землі	0,6
5. Перекриття над неопалюваними технічними підпіллями, розташованими нижче рівня землі	0,4

Розрахункова температура внутрішнього повітря

	Найменування	$t_{\text{вн.повітря}}$, °C
1	Поліклініки, стаціонари, диспансери, санаторії, медпункти	21
2	Дитячі дошкільні заклади загального типу (дитячі садочки)	20
3	Школи, ПТУ, ВУЗи, інші заклади для підготовки кадрів*	18
4	Позашкільні заклади: бібліотеки, лабораторні корпуси та ін.	18
5	Будинки відпочинку, пансіонати, туристичні заклади	18
6	Спортзали	18
7	Науково–дослідні інститути	18
8	Конференц–зали, вестибюлі, клуби	16
9	Кінотеатри, театри	16
10	Підприємства громадського харчування	16
11	Магазини	
	Продовольчі магазини, ринки	12
	Непродовольчі магазини	15
12	Підприємства комунального господарства	18
	Хімчистка	16
	кладові	15
	перукарні	18
	бані	25
	пральні	15
13	Громадські, адміністративні	18
14	Вокзали, диспетчерські	18
15	Гаражі, пожежні депо	10
16	Готелі, мотелі, та кемпінги*	20
17	Житлові будівлі існуючі (нові)	18 (20)
18	Адміністративні будівлі та установи існуючі (нові)	18 (20)

Розрахункові температури зовнішнього повітря різних міст України

№	Місто	Температура середня місячна												Сер. за рік	Розрахункова	Період із середньою добовою температурою повітря					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			≤ 8°С		≤ 10° С		≥ 21° С	
																діб	Середня темп	діб	Середня темп	діб	Середня темп
1	Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5	8	-22	176	-0,1	195	0,7	-	-
2	Сімферополь	-0,3	0,4	3,7	10,1	15,1	19,2	21,8	21,3	16,7	11,0	6,1	2,1	10,6	-15	154	2,6	175	3,5	61	21,8
3	Ялта	4,1	4,2	6,0	10,6	15,7	19,8	23,6	23,2	19,0	13,6	9,5	6,1	13,0	-6	126	5,3	152	6,1	83	23,0
4	Вінниця	-5,1	-3,8	0,5	8,1	14,2	17,2	18,7	18,0	13,3	7,6	1,8	-2,9	7,3	-21	182	-0,2	202	0,6	-	-
5	Луцьк	-4,2	-3,0	1,1	8,1	13,9	16,9	18,4	17,7	13,2	7,9	2,4	-2,4	7,5	-20	180	0,3	201	1,1	-	-
6	Дніпр-тровськ	-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	Кіровоград	-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	-	-

**Повторюваність температур навколишнього повітря для населених пунктів України
[ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія]**

№	Найменування населеного пункту	Повторюваність температур навколишнього повітря, год													Всього годин
		-50 інижче	-49,9... -45	-44,9... -40	-39,9... -35	-34,9... -30	-29,9... -25	-24,9... -20	-19,9... -15	-14,9... -10	-9,9... -5	- 4,9...0	+0,1...+5	+5,1...+8	
1	Біла Церква	-	-	-	-	1	4	31	131	338	630	1231	1488	658	4512
2	Вінниця	-	-	-	-	1	10	39	126	320	642	1225	1493	680	4536
3	Джанкой	-	-	-	-	-	-	-	-	7	78	457	1782	1516	3840
4	Дніпропетровськ	-	-	-	-	-	9	37	127	235	457	1152	1514	669	4200
5	Донецьк	-	-	-	-	-	10	44	183	398	730	1141	1216	670	4392
6	Дрогобич	-	-	-	-	-	-	2	21	63	464	1055	1704	1155	4464
7	Євпаторія	-	-	-	-	-	-	-	-	6	73	426	1660	1411	3576
8	Житомир	-	-	-	-	-	5	22	103	309	616	1237	1554	762	4608
9	Жмеринка	-	-	-	-	1	10	38	125	318	638	1219	1487	676	4512
10	Запоріжжя	-	-	-	-	-	9	37	127	235	457	1152	1514	669	4200
11	Івано-Франківськ	-	-	-	-	-	10	39	134	247	481	1212	1591	702	4416
12	Кам'янець-Подільський	-	-	-	-	-	3	18	70	258	537	1173	1458	803	4320
13	Керч	-	-	-	-	-	-	2	10	77	284	866	1400	1033	3672
14	Київ	-	-	-	-	1	4	31	130	336	627	1225	1480	654	4488
15	Кіровоград	-	-	-	-	-	10	39	134	248	483	1219	1600	707	4440

16	Конотоп	-	-	-	-	1	10	39	129	327	655	1251	1526	694	4632
17	Коростень, Житомирської обл.	-	-	-	-	-	5	22	104	312	623	1250	1570	770	4656
18	Кременчук	-	-	-	-	5	8	44	155	376	696	1178	1086	772	4320
19	Кривий Ріг	-	-	-	-	-	9	38	129	239	465	1172	1540	680	4272
20	Луцьк	-	-	-	-	-	5	21	100	301	600	1206	1513	742	4488
21	Львів	-	-	-	-	-	-	2	20	62	458	1039	1678	1133	4392
22	Мелітополь	-	-	-	-	-	9	36	123	227	441	1113	1461	646	4056
23	Миргород	-	-	-	-	5	8	46	162	393	726	1231	1134	807	4512
24	Ніжин	-	-	-	-	1	10	39	128	325	652	1245	1517	691	4608
25	Миколаїв	-	-	-	-	-	-	7	54	226	460	1050	1509	726	4032
26	Нікополь	-	-	-	-	-	9	36	124	230	446	1126	1479	654	4104
27	Новгород	-	-	-	5	22	45	131	328	657	999	1244	983	866	5280
28	Одеса	-	-	-	-	-	-	5	22	134	399	975	1781	644	3960
29	Первомайськ, Миколаївської обл.	-	-	-	-	-	-	7	56	235	479	1093	1574	756	4200
30	Полтава	-	-	-	-	5	8	45	161	391	723	1224	1128	803	4488
31	Рівне	-	-	-	-	-	5	22	102	307	613	1231	1546	758	4584
32	Севастополь	-	-	-	-	-	-	-	-	6	67	392	1525	1298	3288
33	Сімферополь	-	-	-	-	-	-	3	15	87	341	846	1364	1136	3792
34	Суми	-	-	-	-	1	10	40	130	330	662	1263	1542	702	4680
35	Тернопіль	-	-	-	-	1	10	39	126	322	644	1231	1502	685	4560

36	Ужгород	-	-	-	-	-	-	2	18	55	404	919	1484	1006	3888
37	Феодосія	-	-	-	-	-	-	2	12	53	236	689	1367	1097	3456
38	Харків	-	-	-	-	-	10	46	189	411	754	1179	1255	692	4536
39	Херсон	-	-	-	-	-	-	7	36	163	433	885	1555	929	4008
40	Черкаси	-	-	-	-	1	10	39	126	320	642	1225	1493	680	4536
41	Чернігів	-	-	-	-	1	10	39	127	324	648	1238	1510	687	4584
42	Чернівці	-	-	-	-	-	10	38	130	240	468	1179	1548	683	4296
43	Ялта	-	-	-	-	-	-	-	-	5	61	360	1404	1194	3024