

## ЗМІСТ

1. Вступ.....	4
2. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №1 «Визначення потреби в тепловій енергії» .....	5
3. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №2 «Розрахунок середньогодинних потоків теплоти крізь огорожувальні конструкції приміщень» .....	9
4. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №3 «Визначення потреби в тепловій енергії» .....	12
5. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №4 «Визначення витрат теплоти на гаряче водопостачання».....	14
6. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №5 «Визначення витрат теплоти у системі вентиляції і кондиціонування» .....	16
7. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №6 «Визначення витрат енергії у теплових мережах» .....	18
Список використаних джерел .....	21

## **ВСТУП**

Термін «енергозбереження» охоплює широкий спектр технічних та економічних проблем. Основний потенціал енергозбереження зосереджений у галузях економіки з найбільшим споживанням енергоресурсів: енергетиці, металургії, хімічній і нафтохімічній промисловості, виробництві будівельних матеріалів, машинобудуванні. Тому основні заходи щодо енергозбереження необхідно реалізувати в першу чергу саме в цих галузях.

Великий потенціал енергозбереження мають комунально-побутовий і житловий сектор, на частку яких припадає близько 30 % споживання енергії.

Основна увага в цій галузі повинна бути приділена найбільш енергоємним системам енергопостачання та енергоспоживання. До них, у першу чергу, належать: котельні установки; сушильне устаткування; устаткування подачі тепла для виробничих потреб; системи опалення і водопостачання; системи вентиляції і кондиціонування повітря; холодильні установки; системи освітлення;

У методичних вказівках надаються приклади розрахункового визначення витрат теплоти основними елементами будинку в його загальному тепловому балансі.

## **ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №1**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В ТЕПЛОВІЙ ЕНЕРГІЇ**

**Мета заняття:** ознайомлення із методиками розрахунку граничних витрат теплової енергії на опалення будинків та визначення шляхів їх зниження

#### **1.1. Інформація до самостійної підготовки**

Потреби в тепловій енергії можна визначити з проектної документації, а в разі її відсутності необхідну кількість теплової енергії визначають за укрупненими показниками, потім розраховують витрати тепла в мережах. Для цього треба визначити діаметр, довжину та спосіб прокладки трубо-проводів; фізичні характеристики матеріалу ізоляції, її стан. Якщо зазначені дані відсутні,

проводять ревізію теплотрас та інструментальне обстеження спаду температури теплоносія по трасі (від колодязя до колодязя чи в інших доступних місцях).

Після визначення необхідної кількості теплової енергії для всіх будівель і споруд, підприємств або інших об'єктів, що підключені до джерела тепlopостачання, складають фактичний баланс теплоти. Якщо розходження по тепловому балансу становить більше 5 %, то рекомендується виконати більш точні розрахунки чи вимірювання.

Фактичні витрати теплоти на потреби тепlopостачання та вентиляції можуть бути визначені одним з таких методів: за питомими опалювальними характеристиками на 1 м<sup>2</sup>; внутрішньої площі будинку з урахуванням горищних перекриттів і підвалів; за питомими опалювальними характеристиками на 1 м<sup>3</sup> об'єму споруди по зовнішньому периметру; за тепловим балансом.

Слід відзначити, що при застосуванні сучасних матеріалів для огорожувальних конструкцій норми питомої кількості теплоти на 1 м<sup>2</sup> площі будинку значно знижуються (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Граничні норми витрат теплоенергії, кВт·год/м<sup>2</sup> на рік

Тип споруди	До 1994 р. забудови	Забудова з 1994 по 1999 рік				Забудова з 1999 р.			
		1–3 поверхи	4–5 поверхів	6–9 поверхів	>10 поверхів	1–3 поверхи	4–5 поверхів	6–9 поверхів	>10 поверхів
Житлові	240	200	160	140	115	160	130	110	95
Навчальні та лікувальні	250	205	195	185	–	175	165	155	–
Дошкільні	330	280	–	–	–	245	–	–	–

Зазначені в табл. 1.1 питомі витрати теплової енергії розраховуються на основі забезпечення санітарних норм зміни температури повітря в приміщенні (додаток В, табл. Д.В.1 [1]).

Згідно з санітарними нормами у житлових приміщеннях температура повітря повинна становити 18 °С; у кутових квартирах – від 18 до 20 °С; у виробничих приміщеннях – від 16 до 18 °С; складських – 14 °С; у приміщеннях дошкільних і лікувальних закладів – 20 °С.

## 1.2. Розрахункові методи визначення споживання теплової енергії

### 1.2.1. Розрахунок за результатами вимірювань

При проведенні інструментального обстеження визначається фактичне годинне споживання теплової енергії  $Q_{ф.оп.г}$  і розраховується її річне споживання  $Q_{оп.р.}$ , кДж.

$$Q_{оп.ф.г} = G_{ф.оп} c_0 (t_{тн.под} - t_{тн.зв});$$

$$Q_{оп.р.} = Q_{оп.ф.г} \cdot V \frac{t_{вн} - t_{зовн.ср}}{t_{вн} - t_{зовн.мах}} \cdot n_0,$$

де  $G_{ф.оп}$  – витрата теплоносія в системі опалення, м<sup>3</sup>/год;

$c_0$  – теплоємність води в системі опалення при середній температурі теплоносія, кДж/(м<sup>3</sup> · °С);

$t_{тн.под}$  – температура теплоносія в постачальній трубі, °С;

$t_{тн.звор}$  – температура теплоносія в зворотному трубопроводі, °С;

$t_{вн}$  – температура в приміщенні, °С;

$t_{зовн.ср}$  – температура зовнішнього повітря, середня за опалювальний сезон згідно з нормативами, °С;

$t_{зовн.мах}$  – температура зовнішнього повітря максимально холодного тижня, згідно з довідником, °С;

$n_0$  – тривалість опалювального періоду, год.

Вимірювання температури води в постачальному та зворотному трубопроводі проводяться в одному місці (рамка, джерело, місце установлення лічильника).

### 1.2.2. Розрахунок за питомими опалювальними характеристиками

*А. Розрахунок за питомими характеристиками на 1 м<sup>3</sup> об'єму споруди.*

Розрахунково-нормативну середньогодинну кількість теплоти на опалення можна знайти за формулою:

$$Q_{\text{о.г.}}^{\text{н}} = 86,4 \cdot Q_{\text{оп}} \cdot n_0.$$

Річна і максимальна кількість теплоти на опалення визначається за виразами відповідно, Вт:

$$Q_{\text{оп}} = Q_{\text{оmax}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.о}}^{\text{сп}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.о}}},$$

$$Q_{\text{оmax}} = \alpha \cdot V_{\text{зовн}} \cdot q_0^{\text{в}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.о}}).$$

де  $\alpha$  – поправковий коефіцієнт залежності відхилення температури холодного періоду від нормативної ( $-30^{\circ}\text{C}$ ), обирається згідно з табл. 1.2;

$V_{\text{зовн}}$  – зовнішній будівельний об'єм будинку без підвалів, м<sup>3</sup>;

$q_{0\text{в}}$  – питома опалювальна характеристика, Вт/(м<sup>3</sup> · °C) (ккал/(год·м<sup>3</sup> · °C)).

Таблиця 1.2 – Значення поправкового коефіцієнта

$T_{\text{зовн.о}},$ °C	0	-5	-10	-15	-20	-25	-35	-40	-45
$\alpha$	2,05	1,67	1,45	1,29	1,17	1,08	0,95	0,9	0,85

*Б. Розрахунок за питомими опалювальними характеристиками на 1 м<sup>2</sup> загальної площі підлоги будинку.* Відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 даний метод рекомендований для розрахунку теплових потоків житлових будинків, хоча

допускається його застосування і для розрахунку теплових потоків громадських і промислових споруд.

Річне і середньогодинне розрахунково-нормативне споживання теплової енергії визначається з попередніх виразів, а максимальний тепловий потік за формулою, Вт:

$$Q_{0\max} = q_0 \cdot \gamma A \cdot (1 + k_1),$$

де  $q_0$  – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення житлових будинків (на  $1 \text{ м}^2$  загальної площі),  $\text{Вт/м}^2$ ;

$A$  – загальна площа житлового будинку,  $\text{м}^2$ ;

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських будівель ( $k_1 = 0,25$  за ДБН В.2.6-31:2021).

Використання даного методу для будинків з кількістю поверхів менше п'яти дає значне завищення розрахункового теплового навантаження. Тому при розрахунку значень  $Q_{0\max}$  для бюджетних організацій його можна застосовувати тільки при кількості поверхів п'ять і більше.

### **1.2.3. Розрахунок за тепловим балансом споруд**

Це найбільш точний метод, який застосовується у випадку відсутності повної інформації або при виникненні суперечок. Тепловий баланс будинку можна надати в такому вигляді:

$$Q_h^y = (\sum_{i=1}^n Q_{\text{три}} + \sum_{i=1}^n Q_{\text{инфи}} - Q_{\text{теп}}) \cdot \beta,$$

де  $Q_h^y$  – споживання теплової енергії будинком протягом опалювального періоду,  $\text{кВт}\cdot\text{год/рік}$ ;

$Q_{\text{три}}$  – витрати теплоти теплопередачею через огорожувальні конструкції будівель (стіни, вікна, підлога, дах та ін.),  $\text{кВт}\cdot\text{год/рік}$ ;

$Q_{\text{інфі}}$  – втрати теплоти інфільтрацією при надходженні холодного повітря в приміщення через нещільності зовнішніх огорожувальних конструкцій (вікна, двері та ін.), кВт·год /рік;

$Q_{\text{теп}}$  – кількість теплоти, яка виділяється працівниками та устаткуванням;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує додаткове теплоспоживання системи опалення (для багатосекційних та інших подовжених будинків  $\beta = 1,13$ ; для будинків баштового типу  $\beta = 1,11$ ).

Річні втрати теплової енергії через теплопередачу  $Q_{\text{три}}$  та інфільтрацію  $Q_{\text{інф}}$  визначаються виразами (6.8) і (6.9), кВт·год/рік,

де  $Q_{\text{yh}}$  – споживання теплової енергії будинком протягом опалювального періоду, кВт·год/рік;

$Q_{\text{три}}$  – витрати теплоти теплопередачею через огорожувальні конструкції будівель (стіни, вікна, підлога, дах та ін.), кВт·год/рік;

$Q_{\text{інфі}}$  – втрати теплоти інфільтрацією при надходженні холодного повітря в приміщення через нещільності зовнішніх огорожувальних конструкцій (вікна, двері та ін.), кВт·год /рік;

$Q_{\text{мен}}$  – кількість теплоти, яка виділяється працівниками та устаткуванням;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує додаткове теплоспоживання системи опалення (для багатосекційних та інших подовжених будинків  $\beta = 1,13$ ; для будинків баштового типу  $\beta = 1,11$ ).

Річні втрати теплової енергії через теплопередачу  $Q_{\text{три}}$  та інфільтрацію  $Q_{\text{інфі}}$  визначаються наступними виразами, кВт·год/рік

$$Q_{\text{три}} = Q_{\text{три}}^{\text{сп}} \cdot n_0;$$

$$Q_{\text{інфі}} = Q_{\text{інфі}}^{\text{сп}} \cdot n_0;$$



де  $n_0$  – тривалість опалювального періоду в годинах, яка відповідає періоду із середньою добовою температурою зовнішнього повітря  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  та нижче (за ДБН В.2.6-31:2021).

## **2. Порядок виконання**

2.1 Розрахувати за питомими опалювальними характеристиками потреби будинку у тепловій енергії згідно вихідних даних, заданих викладачем.

2.2 Здійснити аналіз отриманих результатів з точки зору зниження цих витрат.

## **ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №2**

### **РОЗРАХУНОК СЕРЕДНЬОГОДИННИХ ПОТОКІВ ТЕПЛОТИ КРІЗЬ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ**

**Мета заняття:** ознайомлення з методиками розрахункового визначення витрат теплової енергії через огороджувальні конструкції будинку, визначення шляхів їх зменшення

## 2.1 Інформація до самостійної підготовки

Основні та додаткові втрати теплоти  $Q_{\text{тр ср}}$  і визначаються шляхом підсумовування втрат теплоти через окремі огорожувальні конструкції відповідно до виразу, Вт:

$$Q_{\text{три}}^{\text{ср}} = \frac{A_i \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}^{\text{ср}}) \cdot (1 + \Sigma\beta) \cdot n}{R_i},$$

де  $A_i$  – розрахункова площа огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2$  ;

$R_i$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )/Вт;

$\beta$  – додаткові втрати теплоти (у частках від основних втрат) [4];

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря (додаток В, табл. Д.В.4 [1]).

Опір теплопередачі огорожувальної конструкції, крім заповнень світлових прорізів і підлог на ґрунті, визначається за наступним виразом, і вимірюється у ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )/Вт :

$$R_i = 1/\alpha_{\text{в}} + R_{\text{к}} + 1/\alpha_{\text{н}},$$

де  $\alpha_{\text{н}}$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції для зимових умов Вт/( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ );

$\alpha_{\text{в}}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ );  $R_{\text{к}}$  – термічний опір огорожувальної конструкції, ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )/Вт.

Термічний опір огорожувальної конструкції  $R_{\text{к}}$  визначається за такими виразами і вимірюється у ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )/Вт:

а) для однорідної конструкції:

$$R_{\text{к}} = \delta / \lambda,$$

де  $\delta$  – товщина шару, м;

$\lambda$ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, Вт/(м<sup>2</sup>·С);

б) для конструкцій з послідовно розташованими однорідними шарами:

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{п.п.},$$

де  $R_{1,2,3}$ – термічні опори окремих шарів огорожувальних конструкцій, які визначаються за формулою  $R$ , (м<sup>2</sup>·С)/Вт;

$R_{п.п.}$ – термічний опір замкненого повітряного прошарку.

в) для неоднорідної огорожувальної конструкції  $R_k$  визначається відповідно до ДБН В.2.6-31:2021.

Опір теплопередачі заповнень світлових прорізів приймається за табл. Д.В.5 , додаток В [1]; опір теплопередачі підлог на ґрунті  $R_k$  визначається за даними ДБН В.2.6-31:2021:

а) для внутрішніх підлог і стін, розташованих нижче рівня землі, з коефіцієнтом теплопровідності  $\geq 1,03$  Вт/(м<sup>2</sup>·С), по зонах шириною 2 м з рівнобіжними зовнішніми стінами,

$R_k$  (м<sup>2</sup>·С/Вт) приймається рівним: для I зони – 2,1 ; для II зони – 4,3; для III зони – 8,6; для IV зони – 14,2

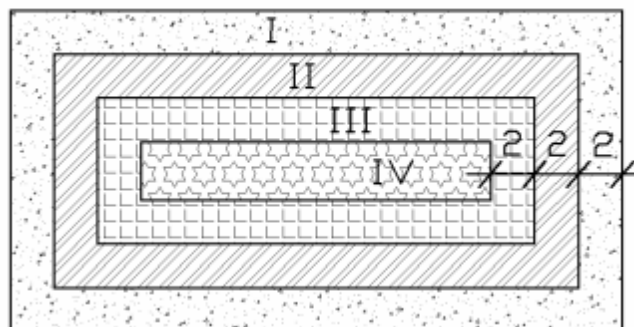


Рисунок 2.1– До визначення опору теплопередачі підлог

б) для утеплених підлог і стін, розташованих нижче рівня землі, з коефіцієнтом теплопровідності утеплювального шару  $>1,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{С})$  і товщиною приймається за виразом:

$$R_k = R_c + \delta / \lambda;$$

в) для підлог на лагах  $R_k$  розраховуються за формулою:

$$R_k = 1,18(R_c + \delta / \lambda),$$

де  $R_c$  – сума термічних опорів утеплювальних шарів конструкції підлоги  $<1,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{С})$ . Додаткові втрати теплоти через огорожувальні конструкції приймаються в частках від основних витрат:

– у приміщеннях будь-якого призначення через зовнішні вертикальні і похилі (вертикальна проекція) стіни, двері і вікна, які виходять на північ, схід, північний схід і північний захід – у розмірі 0,1, на південний схід та захід – у розмірі 0,5, у кутових приміщеннях – додатково по 0,05;

– у громадських, адміністративно-побутових і виробничих приміщеннях через дві зовнішні стіни і більше, коли одне з огорожень виходить на північ, схід і північний захід – 0,15; в інших випадках – 0,1;

– у приміщеннях, розроблених згідно з типовим проектом, через стіни, двері та вікна, які виходять на кожну із сторін світу – у розмірі 0,08 при одній зовнішній стіні і 0,13 – для кутових приміщень (крім житлових), а в житлових приміщеннях – 0,13; через підлоги першого поверху, які не обігріваються, над холодними підвалами будинків у місцевостях з розрахунковою температурою зовнішнього повітря –  $40 \text{ }^\circ\text{С}$  та нижче – у розмірі 0,05;

– через зовнішні двері, які не обладнані повітряними чи повітряно-тепловими завісами, при висоті будинку  $H$ , (м), від середньої планувальної оцінки землі до верху карниза, від центру витяжних отворів ліхтаря або устя шахти – у розмірі:  $0,2H$  – для потрійних дверей з двома тамбурами між ними;

0,27Н – для подвійних дверей з тамбурами між ними; 0,34Н – для подвійних дверей без тамбура; 0,22Н – для одинарних дверей;

– через зовнішні ворота, які не обладнані повітряними чи повітряно тепловими завісами, – у розмірі 3 при відсутності тамбура та у розмірі 1 при наявності тамбура перед воротами.

## **2.2 Порядок виконання**

2.2.1 Визначити величину потоку теплоти крізь огорожувальну конструкцію приміщення за вихідними даними, заданими викладачем.

2.2.2 Здійснити аналіз отриманих результатів з точки зору зниження теплового потоку через огороження.

## **ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №3**

**РОЗРАХУНОК СЕРЕДНЬОГОДИННИХ ПОТОКІВ ТЕПЛОТИ НА НАГРІВ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ, ІНФІЛЬТРУЮЧОГО КРІЗЬ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ**

**Мета заняття:** надбання практичних навичок визначення витрат теплової енергії на нагрів повітря, що проникає ззовні у приміщення через несутільності стінових огорожень, світлопрозорих конструкцій, балконних дверей

### 3.1 Інформація до самостійної підготовки

Витрати теплоти  $Q_{i \text{ ср нфи}}$  на нагрів інфільтруючого повітря слід визначати за виразом, Вт:

$$Q_{\text{инфи}}^{\text{ср}} = 0,28 \cdot \Sigma G_i \cdot c \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}^{\text{ср}}) \cdot k,$$

де  $G_i$  – витрата інфільтруючого повітря через огорожувальні конструкції приміщень, кг/год;

$c$  – питома теплоємність повітря, яка дорівнює 1 кДж/(кг·°С);

$k$  – коефіцієнт урахування впливу теплового потоку в конструкціях ( $k = 0,7$  – для стиків панелей, стін і вікон з потрійними плетіннями;  $k = 0,8$  – для вікон і балконних дверей зі спареними плетіннями та відкритих прорізів (ДБН В.2.6-31:2021)).

Витрата інфільтруючого повітря в приміщенні  $G_i$  через нещільності зовнішніх огорожень слід визначати за виразом (кг/рік):

$$G_i = \Sigma \frac{0,216 \cdot A_1 \cdot \Delta p_i^{0,67}}{R_u} + \Sigma A_2 \cdot G_n \left( \frac{\Delta p_i}{\Delta p_1} \right)^{0,67} + 3456 \Sigma A_3 \cdot \Delta p_i^{0,5},$$

де  $A_1$  – площа світлових прорізів (вікон, дверей, ліхтарів);

$A_2$  – площа огорожувальних конструкцій (стін, даху);

$A_3$  – площа щілин, нещільностей і прорізів у зовнішніх огороженнях;

$\Delta p_i, \Delta p_1$  – розрахункова різниця між тисками на зовнішній і внутрішній поверхнях огорожувальних конструкцій, відповідно, на розрахунковому поверсі і на рівні підлоги першого поверху, Па;

$G_n$  – нормативна повітропроникність огорожувальних конструкцій, кг/(м<sup>2</sup> · год);

$R_u$  – опір повітропроникненню,  $(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па})/\text{кг}$  .

Розрахункова різниця між тисками на зовнішній і внутрішній поверхнях кожної огорожувальної конструкції ( $\Delta p_i$ ) визначається за виразом, Па:

$$\Delta p_i = (H - h_i) \cdot (\gamma_i - \gamma_p) + 0,5 \cdot \rho_i \cdot v^2 \cdot (c_{c.n} - c_{c.p}) \cdot k_1 - p_{int}$$

де  $h_i$  – розрахункова висота від рівня землі до верху огорожувальної конструкції, м;

$H$  – висота будинку,

$\rho_i$ ;  $\gamma_i$ ,  $\gamma_p$  – питома вага зовнішнього та внутрішнього повітря, визначається як:

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}$$

(де  $t$  – температура зовнішнього і внутрішнього повітря, С);

$\rho_i$  – густина зовнішнього повітря,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$v$  – швидкість вітру, м/с;

$c_{c.n}$ ,  $c_{c.p}$  – аеродинамічні коефіцієнти для навітряної і підвітряної поверхонь огорожень будинку, які приймаються за ДБН В.2.6-31:2021;

$k_1$  – коефіцієнт урахування зміни швидкісного тиску вітру залежно від висоти будинку (ДБН В.2.6-31:2021);

$p_{int}$  – умовно-постійний тиск повітря в будинку, Па.

## 3.2 Порядок виконання

3.2.1 Визначити потік теплоти на нагрів зовнішнього повітря, що інфільтрує крізь огороження за вихідними даними, заданими викладачем.

3.2.2 Здійснити аналіз отриманих результатів з точки зору можливості зниження потоку теплоти, необхідного для нагріву зовнішнього повітря, що проникає всередину приміщення через огороження будинку.

## **ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №4**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ТЕПЛОТИ НА ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ**

**Мета заняття:** надбання практичних навичок визначення споживання теплової енергії будинком на гаряче водопостачання у опалювальний період



#### 4.1 Інформація до самостійної підготовки

На підставі вимірювань, проведених при інструментальному обстеженні, за наступними формулами визначаються фактичні годинні та річні витрати тепла на гаряче водопостачання, кДж:

$$Q_{\text{г.в.ф}} = G_{\text{г.в.}} \cdot c_{\text{г.в.}} \cdot (t_{\text{г.в.}} - t_{\text{х.в.}});$$

$$Q_{\text{г.в.ф.р.}} = Q_{\text{г.в.ф.}} \cdot n_0 + 0,8 \cdot Q_{\text{г.в.ф.}} \cdot \frac{t_{\text{г.в.}} - t_{\text{х.в.л.}}}{t_{\text{г.в.}} - t_{\text{х.в.з.}}} \cdot (8400 - n_0),$$

де  $t_{\text{г.в.}}$  – температура води на вихідній трубі системи гарячого водопостачання, °С;

$t_{\text{х.в.}}$  – температура води в системі холодного водопостачання, С;

$t_{\text{х.в.л}}$  – температура холодної води влітку (при відсутності даних приймається = 15 °С);

$t_{\text{х.в.з}}$  – температура холодної води взимку (при відсутності даних –  $t_{\text{х.в.з}} = 5$  С);

$n_0$  – тривалість опалювального періоду, годин;

$c_{\text{г.в.}}$  – теплоємності води системи гарячого водопостачання, кДж/(м<sup>3</sup>·С);

$G_{\text{г.в.}}$  – фактичні витрати, що зіставляються з нормативно-розрахунковими витратами.

Розрахунково-нормативне річне  $Q_{\text{гн.в.р}}$  і середньогодинне  $Q_{\text{г.в.т}}$ ,  $Q_{\text{гс.в.т}}$  споживання теплової енергії на гаряче водопостачання, кДж, визначається з виразів:

$$Q_{\text{г.в.р}}^{\text{н}} = 86,4 \cdot Q_{\text{г.в.т}} \cdot n_0 + 86,4 \cdot Q_{\text{г.в.т}}^{\text{с}} \cdot (n_{\text{г.в.}} - n_0),$$

$$Q_{\text{г.в.т}} = \frac{1,2 \cdot m \cdot G_{\text{г.в.}}^{\text{норм}} \cdot (55 - t_{\text{х.в.з}})}{24 \cdot 3,6} \cdot c_{\text{г.в.}}$$

де  $Q_{\text{г.в.р}}$  – середній годинний потік на гаряче водопостачання за звичайну добу за тиждень в опалювальний період;

$Q_{\text{гс.в.т}}$  – те саме за період із середньодобовою температурою зовнішнього повітря більше 8 °С (неопалювальний період);

$m$  – кількість людей, які перебувають у будинку;

$G_{\text{гвнорм}}$  – норма витрати води на гаряче водопостачання на добу при температурі  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  на одну людину, яка проживає в будинку, або норма витрати води на гаряче водопостачання, що споживається в громадських будівлях, при температурі  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  на одну людину (додаток В, табл. Д.В.6 [1]);

$n_0$  – тривалість опалювального періоду в добах, що відповідає періоду із середньою добовою температурою зовнішнього повітря  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче (за ДБН В.2.6-31:2021);

$n_{\text{г.в}}$  – розрахункова кількість діб тривалості роботи системи гарячого водопостачання (при відсутності даних слід приймати 350 діб);

$\beta$  – коефіцієнт, що враховує зміну середньої витрати води на гаряче водопостачання в неопалювальний період відносно до опалювального періоду ( $\beta = 0,8$  для житлово-комунального сектора і  $\beta = 1,0$  для організацій, ДБН В.2.6-31:2021)

## **4.2 Порядок виконання**

4.2.1 Визначити годинні та річні витрати енергії на гаряче водопостачання згідно вихідних даних, заданих викладачем.

4.2.2 Здійснити аналіз отриманих результатів і визначити шляхи зниження цих витрат.

## **ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №5**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ТЕПЛОТИ У СИСТЕМІ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ**

**Мета заняття:** надбання практичних навичок розрахунку витрат теплової енергії приміщенням через системи вентиляції та кондиціонування і визначення шляхів їх зменшення

## 5.1 Інформація до самостійної підготовки

5.1.1 На підставі вимірювань, проведених при інструментальному обстеженні, за наступними формулами визначаються фактичні годинні і річні витрати тепла на вентиляцію, кДж:

$$Q_{\text{в.ф.}} = G_{\text{в.}} \cdot c_{\text{в.}} \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{зовн.о.ф.}});$$

$$Q_{\text{в.г.ф.}} = \frac{Q_{\text{в.ф.}} \cdot z_{\text{в.}}}{24} \cdot \left[ n_{\text{в.}} + \frac{t_{\text{вн.}} - t_{\text{зовн.}}^{\text{ср.}}}{t_{\text{вн.}} - t_{\text{зовн.ф.}}} \cdot (n_0 - n_{\text{зовн.}}) \right],$$

де  $G_{\text{в.}}$  – годинна витрата повітря, м<sup>3</sup>/год;

$c_{\text{в.}}$  – теплоємність повітря, кДж/(м<sup>3</sup>·С);

$n_0$  – тривалість опалювального періоду в годинах;

$n_{\text{в.}}$  – кількість годин в опалювальному періоді з температурою зовнішнього повітря для вентиляції нижче розрахункової;

$z_{\text{в.}}$  – кількість годин роботи вентиляції протягом доби.

Фактичні витрати зіставляються з нормативно-розрахунковими, які визначаються одним з таких методів розрахунку: розрахунок за питомими вентиляційними характеристиками на 1 м<sup>3</sup> об'єму будинку; розрахунок за питомими опалювальними характеристиками на 1 м<sup>2</sup> загальної площі підлоги будинку.

### 5.1.2 Розрахунок за питомими вентиляційними характеристиками на 1 м<sup>3</sup> об'єму споруди

Розрахунково-нормативне річне споживання теплової енергії на вентиляцію  $Q_{\text{нвр.}}$ , кДж:

$$Q_{\text{в.р.}}^{\text{н}} = 3,6 \cdot z \cdot Q_{\text{в.р.}} \cdot n_0.$$

Середнє годинне  $Q_{\text{в.т}}$  та максимальне  $Q_{\text{в.мах}}$  споживання теплової енергії на вентиляцію визначається за виразами, Вт:

$$Q_{\text{ВГ}} = Q_{\text{в.мах}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.о}}^{\text{ср}}}{t_{\text{вс}} - t_{\text{зовн.о}}};$$

$$Q_{\text{в.мах}} = V_{\text{н}} \cdot q_{\text{в}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.о}}),$$

де  $n_0$  – тривалість опалювального періоду в добах, яка відповідає періоду із середньою добовою температурою зовнішнього повітря 8 °С і нижче;

$z$  – середня за опалювальний період кількість годин роботи системи вентиляції громадських будівель протягом доби (при відсутності даних приймається рівним 16 годинам);

$q_{\text{в}}$  – питома вентиляційна характеристика при  $t_{\text{зовн.о}} = 30$  °С, Вт/(м<sup>3</sup>·С) [ккал/(год·м<sup>3</sup>·С)].

Як видно з наведених рівнянь), для розрахунку  $Q_{\text{ВГ}}$  даним методом необхідно мінімум інформації з обстежуваних будівель, тому цей метод є дуже поширеним.

### **5.1.3. Розрахунок за питомими вентиляційними характеристиками на 1 м<sup>2</sup> загальної площі підлоги споруди**

Відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 даний метод рекомендується для розрахунку теплових потоків на вентиляцію житлових будинків, але допускається і для розрахунку теплових потоків на вентиляцію громадських будівель.

Річне і середньогодинне розрахунково–нормативне споживання теплової енергії на вентиляцію визначається за попередніми виразами. Максимальний тепловий потік на вентиляцію визначається за таким виразом:

$$Q_{\text{в.мах}} = k_1 \cdot k_2 \cdot q_0 \cdot A,$$

де  $A$  – розрахункова площа підлоги, м<sup>2</sup> ;

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує кліматичні умови;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських споруд ( $k_2 = 0,4$  для споруд, побудованих до 1985 року; для споруд після 1985 року  $k_2 = 0,6$ ).

## **5.2 Порядок виконання**

5.2.1 Визначити річні та годинні витрати тепла на вентиляцію за вихідними даними, заданими викладачем.

5.2.2 Здійснити аналіз отриманих результатів та визначити шляхи зниження витрат.

## 6 Практичне заняття №6

### **ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ У ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖАХ**

**Мета заняття:** ознайомлення з методикою визначення впливу ступеня теплоізоляції теплових мереж на витрати ними теплової енергії

## 6.1 Інформація до самостійної підготовки

*Витрати теплоти в теплових мережах.* При ушкодженні ізоляції або її відсутності витрати теплоти в теплових мережах можна визначити за такою формулою, Гкал/рік:

$$Q = (q_1 - q_2) \cdot n \cdot L \cdot 10^{-6},$$

де  $q_1$  і  $q_2$  – питомий тепловий потік з одного погонного метра поверхні за годину відповідно неізольованого та ізольованого трубопроводів, Вт/м<sup>2</sup> [кКал/(м<sup>2</sup>·год)] (приймається за таблицями);

$n$  – річна кількість годин роботи системи за рік, год;

$L$  – довжина неізольованого трубопроводу, м.

Для плоских поверхонь тепловикористовуваного устаткування дані витрати розраховуються згідно з виразом, Гкал/рік:

$$Q = (q_1 - q_2) \cdot n \cdot H \cdot 10^{-6},$$

де  $H$  – площа поверхні, м<sup>2</sup>.

Витрати теплоти неізольованих поверхонь і арматури становлять, Гкал/рік:

$$Q = (q_1 - q_2) \cdot n \cdot Z \cdot 10^{-6},$$

де  $q_1$ ,  $q_2$  – тепловий потік з поверхні неізольованої та ізольованої одиниці арматури, кКал/год;  $Z$  – кількість арматури.

Для визначення витрат теплоти в мережах необхідно знати:

- вид теплоносія в трубопроводі;
- розрахункову температуру теплоносія;
- діаметр трубопроводу;
- довжину неізольованої частини трубопроводу.

При довжині неізолюваної частини трубопроводу більше 100 м необхідно виміряти температуру труби на початку і в кінці неізолюваної частини трубопроводу ( $t_n$  і  $t_k$ ), далі для розрахунку вибрати її середнє значення:

$$t_{cp} = \frac{t_n + t_k}{2}.$$

Витрати теплоти неізолюваними трубопроводами наземної прокладки визначаються виразом, кКал/год:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot r_{зovн} \cdot \frac{(t_1 - t_0)}{\Sigma R} \cdot L,$$

де  $r_{зovн}$  – зовнішній радіус, м;

$t_1$  – середня температура теплоносія, С;

$t_0$  – середня температура навколишнього середовища, С;

$R$  – сумарний термічний опір теплоносія навколишньому середовищу, (м·год·С)/кКал;

$L$  – довжина трубопроводу (неізолюваної частини), м.

Для неізолюваної труби повітряної прокладки граничний термічний опір дорівнює, ккал/(м·год·С):

$$R_n = \frac{1}{\alpha \cdot r_n},$$

де  $\alpha = 8 + 0,04 \cdot t_{пов} + 6\sqrt{V}$  – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні труби до повітря, ккал/(м<sup>2</sup>·год·°С);

$V$  – швидкість вітру, м/с;

$t_{пов}$  – температура поверхні труби, С.

Тоді:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot r_{зovн} \cdot \frac{t_1 - t_0}{R_n} \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot r_{зovн} \cdot (t_1 - t_0) \cdot \alpha \cdot L \cdot n \quad R_n = \frac{1}{\alpha}.$$

*Витрати теплоти неізолюваним трубопроводом, який прокладено в ґрунті*

Ці витрати можна визначити за такою формулою, Гкал/год:

$$Q = \frac{2\pi \cdot r_{\text{зовн}} (t_1 - t_{\text{гр}}) \lambda_{\text{гр}} \cdot L}{\ln \frac{2a}{r}},$$

де  $t_1$  – середня температура теплоносія, С;

$\lambda_{\text{гр}}$  – коефіцієнт теплопровідності ґрунту, ккал/(м·год·С), приймається:  
для вологих ґрунтів  $\lambda_{\text{гр}} = 1,5$ , для середньовологих ґрунтів  $\lambda_{\text{гр}} = 1,0$ , для сухих ґрунтів  $\lambda_{\text{гр}} = 0,5$ ;

$t_{\text{гр}}$  – температура ґрунту, приймається на рівні +5 С;

$r$  – радіус поверхні труби, яка контактує з ґрунтом, м;

$L$  – довжина неізольованої ділянки труби, м;

$a$  – глибина розміщення осі труби від поверхні землі, м.

Витрати теплоти неізольованими трубопроводами, прокладеними в каналі, визначаються за формулою, ккал/год:

$$Q = \frac{2\pi (t_1 - t_{\text{к}}) \cdot L}{\Sigma R},$$

де  $t_1$  – середня температура теплоносія, °С;

$t_{\text{к}}$  – температура в каналі;

$\Sigma R$  – сума термічних опорів на шляху потоку теплоти від теплоносія до навколишнього простору, (м·год·°С)/ккал.

Граничний термічний опір визначається за формулою, (м год·°С):

$$R = \frac{1}{\alpha \cdot r_{\text{н}}},$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні труби до повітря (приймається від 5 до 10 ккал/(м<sup>2</sup>·год·°С)).

Внутрішній термічний опір визначається за формулою:

$$R = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{r_{\text{н}}}{r_{\text{вн}}}.$$



Допускаються витрати води в теплових мережах від витоків в об'ємі 2,5 л на 1 м<sup>3</sup> об'єму води в мережах.

## **6.2 Порядок виконання**

6.2.1 Визначити витрати теплоти у тепловій мережі за заданими викладачем вихідними даними.

6.2.2 Здійснити аналіз отриманих результатів і визначити шляхи зменшення витрат.