

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Чернігівська політехніка»
Кафедра технологій зварювання та будівництва

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

Методичні вказівки до практичних занять
для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна
інженерія», освітньою програмою "Будівництво та цивільна інженерія"

Затверджено на засіданні
кафедри технологій зварювання та
будівництва
Протокол №15 від 30.06.2021 р.

Енергозбереження в будівництві. Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» /Укл. Болотов Г.П.,Болотов М.Г. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – 21 с.

Укладачі: Болотов Геннадій Павлович, доктор технічних наук, професор кафедри технологій зварювання та будівництва
Болотов Максим Геннадійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій зварювання та будівництва

Відповідальний за випуск: Прибисько Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій зварювання та будівництва

Рецензент: Ганєєв Тимур Рашитович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій зварювання та будівництва Національного університету «Чернігівська політехніка»

Зміст

1. Вступ.....	4
2. Практичне заняття №1 «Визначення потреби в тепловій енергії»	5
3. Практичне заняття №2 «Розрахунок середньогодинних потоків теплоти крізь огороджувальні конструкції приміщень».....	9
4. Практичне заняття №3 «Визначення потреби в тепловій енергії»	12
5. Практичне заняття №4 «Визначення витрат теплоти на гаряче водопостачання»	14
6. Практичне заняття №5 «Визначення витрат теплоти у системі вентиляції і кондионування»	16
7. Практичне заняття №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.

1 Практичне заняття №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^2 ; внутрішньої площі будинку з урахуванням горищних перекриттів і підвалів;
- за питомими опалювальними характеристиками на 1 м^3 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^2 площі будинку значно знижуються (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Граничні норми витрат теплоенергії, кВт·год/м² 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, м³/год; c_0 – теплоємність води в системі опалення при середній температурі теплоносія, кДж/(м³ · °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 м³ об'єму споруди. Розрахунково-нормативну середньогодинну кількість теплоти на опалення можна знайти за формулою:

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

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

$$Q_{\text{оп}} = Q_{0\text{max}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.о}}^{\text{сп}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.о}}},$$

$$Q_{0\text{max}} = \alpha \cdot V_{\text{зовн}} \cdot q_0^{\text{в}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн.о}}).$$

де α – поправковий коефіцієнт залежності відхилення температури холодного періоду від нормативної (-30°C), обирається згідно з табл. 1.2; $V_{\text{зовн}}$ – зовнішній будівельний об’єм будинку без підвалів, м^3 ; $q_{0\text{в}}$ – питома опалювальна характеристика, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ($\text{ккал}/(\text{год} \cdot \text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$).

Таблиця 1.2 – Значення поправкового коефіцієнта α

Б.

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

Розрахунок за питомими опалювальними характеристиками на 1 м^2 загальної площі підлоги будинку. Відповідно до СНіП 2.04.07-86 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:

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

де q_0 – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення житлових будинків (на 1 м^2 загальної площі), $\text{Вт}/\text{м}^2$; A – загальна площа житлового будинку, м^2 ; k_1 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських будівель ($k_1 = 0,25$ за СНіП 2.04.07-86).

Використання даного методу для будинків з кількістю поверхів менше п’яти дає значне завищення розрахункового теплового навантаження. Тому при розрахунку значень $Q_{0\text{max}}$ 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:

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

де Q_h^y – 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; $Q_{\text{теп}}$ – кількість теплоти, яка виділяється працівниками та устаткуванням; β – 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_y^h – 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; β – 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°C та нижче (за СНІП 2.01.01-82).

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.

2 Практичне заняття №2

Розрахунок середньогодинних потоків теплоти крізь огорожувальні конструкції приміщень

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

2.1 Інформація до самостійної підготовки

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

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

де A_i – розрахункова площа огорожувальної конструкції, м^2 ; R_i – опір теплопередачі огорожувальної конструкції ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт; β – 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 δ – товщина шару, м; λ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$);

б) для конструкцій з послідовно розташованими однорідними шарами:

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

де $R_{1,2,3}$ – термічні опори окремих шарів огорожувальних конструкцій, які визначаються за формулою $R = \delta / \lambda$, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт}$; $R_{\text{п.п}}$ – термічний опір замкненого повітряного прошарку.

в) для неоднорідної огорожувальної конструкції R_k визначається відповідно до СНіП I I-3-79.

Опір теплопередачі заповнень світлових прорізів приймається за табл. Д.В.5 , додаток В [1]; опір теплопередачі підлог на ґрунті R_k визначається за даними СНіП I I-3-79:

а) для внутрішніх підлог і стін, розташованих нижче рівня землі, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda \geq 1,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$, по зонах шириною 2 м з рівнобіжними зовнішніми стінами, R_k ($\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C}/\text{Вт}$) приймається рівним: для I зони – 2,1 ; для II зони – 4,3; для III зони – 8,6; для IV зони – 14,2

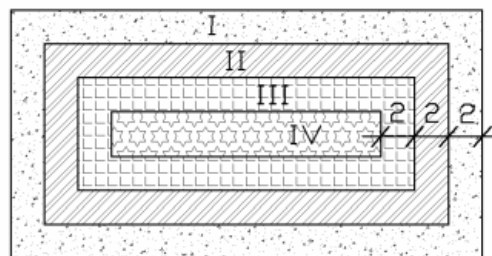


Рис. 2.1. До визначення опору теплопередачі підлог

б) для утеплених підлог і стін, розташованих нижче рівня землі, з коефіцієнтом теплопровідності утеплювального шару $\lambda > 1,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$ і товщиною δ 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 $\lambda < 1,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$. 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 °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; $0,27H$ – для подвійних дверей з тамбурами між ними; $0,34H$ – для подвійних дверей без тамбура; $0,22H$ – 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.

3 Практичне заняття №3

Розрахунок середньогодинних потоків теплоти на нагрів зовнішнього повітря, інфільтруючого крізь огорожувальні конструкції

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

3.1 Інформація до самостійної підготовки

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

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

де G_i – витрата інфільтруючого повітря через огорожувальні конструкції приміщень, кг/год; c – питома теплоємність повітря, яка дорівнює 1 кДж/(кг·°C); 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 (СНІП 2.04.05-91).

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/(м²·год); R_u – опір повітропроникненню, (м²·год·Па)/кг.

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

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

де h_i – розрахункова висота від рівня землі до верху огорожувальної конструкції, м; H – висота будинку, м; γ_i, γ_p – питома вага зовнішнього та внутрішнього повітря, визначається як:

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

(де t – температура зовнішнього і внутрішнього повітря, °C); ρ_i – густина зовнішнього повітря, кг/м³; v – швидкість вітру, м/с; $c_{c,п}, c_{c,p}$ – аеродинамічні коефіцієнти для навітряної і підвітряної поверхонь огорожень будинку, які приймаються за СНіП 2.01.07-85; k_1 – коефіцієнт урахування зміни швидкісного тиску вітру залежно від висоти будинку (СНіП 2.01.07-85); 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.

4 Практичне заняття №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 трубці 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/(м³·°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; $G_{\text{Г.В.}}^{\text{НОРМ}}$ – норма витрати води на гаряче водопостачання на добу при температурі 55 °С на одну людину, яка проживає в будинку, або норма витрати води на гаряче водопостачання, що споживається в громадських будівлях, при температурі 55 °С 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 °С і нижче (за СНіП 2.01.01-82); $n_{г.в}$ – розрахункова кількість діб тривалості роботи системи гарячого водопостачання (при відсутності даних слід приймати 350 діб); β – 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, СНіП 2.04.07-86)

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.

5 Практичне заняття №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:

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

де $G_{в.}$ – годинна витрата повітря, м³/год; $c_{в.}$ – теплоємність повітря, кДж/(м³·°С); n_0 – тривалість опалювального періоду в годинах; $n_{в.}$ – кількість годин в опалювальному періоді з температурою зовнішнього повітря для вентиляції нижче розрахункової; $z_{в.}$ – 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 м³ об'єму будинку;
- розрахунок за питомими опалювальними характеристиками на 1 м² загальної площі підлоги будинку.

5.1.2 Розрахунок за питомими вентиляційними характеристиками на 1 м³ об'єму споруди

Розрахунково-нормативне річне споживання теплової енергії на вентиляцію $Q_{н.вр.}$, кДж:

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

Середнє годинне $Q_{в.г}$ та максимальне $Q_{в.макс}$ споживання теплової енергії на вентиляцію визначається за виразами, Вт:

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

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

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/(м³·°С) [ккал/(год·м³·°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 м² загальної площі підлоги споруди

Відповідно до СНіП 2.04.07-86 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, м²; 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/м² [кКал/(м²·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, м².

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

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

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

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

де $r_{\text{зовн}}$ – зовнішній радіус, м; t_1 – середня температура теплоносія, °С; t_0 – середня температура навколишнього середовища, °С; ΣR – 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 $\alpha = 8 + 0,04 \cdot t_{\text{пов}} + 6\sqrt{V}$ – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні труби до повітря, ккал/(м²·год·°С); V – швидкість вітру, м/с; $t_{\text{пов}}$ – температура поверхні труби, °С.

Тоді:

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

Витрати теплоти неізолюваним трубопроводом, який прокладено в ґрунті

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

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

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 неізолюваної ділянки труби, м; a – глибина розміщення осі труби від поверхні землі, м.

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

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

де t_1 – середня температура теплоносія, °C; t_k – температура в каналі; $\sum R$ – сума термічних опорів на шляху потоку теплоти від теплоносія до навколишнього простору, (м·год·°C)/ккал.

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

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

де α – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні труби до повітря (приймається від 5 до 10 ккал/(м²·год·°C)).

Внутрішній термічний опір визначається за формулою:

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

Допускаються витрати води в теплових мережах від витоків в об'ємі 2,5 л на 1 м³ 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.

Список використаних джерел

1. Малярєнко В.А., Немировський І.А. Енергозбереження та енергетичний аудит: навчальний посібник. –Харків: НТУ «ХП», 2010. -344 с.
2. Малярєнко В.А. Основи теплофізики будівель і енергозбереження. – Харків: САГА, 2006.
3. Малярєнко В.А. Будівельна теплофізика: курс лекцій. –Харків: ХНАМГ, 2007.