

Міністерство освіти і науки України
Відокремлений структурний підрозділ
«Любешівський технічний фаховий коледж
Луцького національного технічного університету»



Енергоощадні технології

Методичні вказівки до виконання практичних робіт

для здобувачів освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр

галузь знань 13 Механічна інженерія

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

денної форми навчання

Любешів 2023

УДК 621.3 (07)

О 76

До друку

Голова методичної ради ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ»
_____ Герасимик-Чернова Т.П.

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій коледжу
Бібліотекар _____ М.М. Демих

Затверджено методичною радою ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ»
протокол № _____ від «_____» _____ 2023 р.

Рекомендовано до видання на засіданні випускної циклової (методичної) комісії
педпрацівників харчового виробництва, галузевого машинобудування, готельно-
ресторанної справи, обліку та оподаткування

протокол № _____ від «_____» _____ 2023 р.

Голова циклової методичної комісії _____ Кравченко Т.Ф.

Укладач: _____ Н.Г.Остапук, викладач першої категорії

Рецензент: _____

Відповідальний за випуск: _____ Кравченко Т.Ф., викладач вищої категорії, голова
випускної циклової (методичної) комісії педпрацівників харчового виробництва, галузевого
машинобудування, готельно-ресторанної справи, обліку та оподаткування

Енергоощадні технології [Текст]: методичні вказівки до виконання практичних робіт для
здобувачів освітньо-кваліфікаційного рівня фаховий молодший бакалавр, галузь знань 13
Механічна інженерія спеціальності 133 Галузеве машинобудування денної форми навчання
/ уклад. Н.Г.Остапук. – Любешів: ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ», 2023. – 25 с.

© Остапук Н.Г., 2023

Практична робота №1

Тема: «Визначення ефективності заходів по економії теплової енергії в будівлях»

Мета роботи: ознайомитися з методикою визначення енергетичної ефективності житлових та громадських будівель

Теоретичні відомості

Згідно з ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 енергетичну ефективність будинку визначають такі показники:

- питомі тепловитрати на опалення будинку за опалювальний період $q_{\text{буд}}$, кВт·год/м² [кВт·год/м³];
- загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку $k_{\text{буд}}$, Вт/(м²·К);
- приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку $k_{\Sigma\text{пр}}$, Вт/(м²·К);
- умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку $k_{\text{інф}}$, Вт/(м²·К), що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції;
- середня кратність повітрообміну за опалювальний період $n_{\text{об}}$, год⁻¹;
- коефіцієнт скління фасадів будинку $m_{\text{ск}}$;
- показник компактності будинку $A_{\text{к буд}}$, м⁻¹.

Питомі тепловитрати на опалення

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинків питомі теплові витрати на їх опалення повинні відповідати умові

$$q_{\text{буд}} \leq E_{\text{max}}, \quad (1.1)$$

де $q_{\text{буд}}$ – розрахункові або фактичні питомі теплові витрати за опалювальний період, кВт·год/м² [кВт·год/м³]; E_{max} – максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт·год/м² [кВт·год/м³].

Клас енергетичної ефективності будинку визначається за різницею

розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат від максимально допустимого значення, % (див. табл. 2.1), тобто

$$\delta q_{\text{буд}} = [(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}}) / E_{\text{max}}] 100. \quad (1.2)$$

Таблиця 1. 1 – Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

| Клас енергетичної ефективності будинку | Різниця питомих тепловитрат $\delta q_{\text{буд}}$, % |
|--|---|
| A | Мінус 50 та менше |
| B | Від мінус 49 до мінус 10 |
| C | Від мінус 9 до плюс 5 |
| D | Від плюс 5 до плюс 25 |
| E | Від плюс 26 до плюс 75 |
| F | Плюс 76 та більше |

Необхідний клас енергетичної ефективності будинку задається у завданні на проектування, але у всіх випадках повинен бути не нижче «С».

Максимально допустимі значення питомих теплових витрат на опалення житлових та громадських будівель згідно з даними ДБН В.2.6- 31:2006 наведені в табл. 1.2.

Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період $q_{\text{буд}}$, кВт · год/м² або кВт · год/м³, визначається за формулою

$$q_{\text{буд}} = Q_{\text{рік}} / F_h \quad \text{або} \quad q_{\text{буд}} = Q_{\text{рік}} / V_h, \quad (1.3)$$

де $Q_{\text{рік}}$ - витрати теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду року, кВт · год, що визначаються на підставі результатів енергетичного аудиту будинку або за результатами розрахунків; F_h , V_h - опалювана площа або об'єм будинку, м² або м³.

Розрахункові витрати теплової енергії $Q_{\text{рік}}$ визначаються за формулою

$$Q_{\text{рік}} = [Q_k - (Q_{\text{вн п}} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_h, \quad (1.4)$$

де Q_k - загальні тепловтрати будинку через огороджувальну оболонку

будинку, кВт · год; $Q_{вн п}$ - побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт·год; Q_s - теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт · год

Таблиця 2.2. Нормативні максимальні теплові витрати житлових і громадських будинків (E_{max})

| №поз. | Призначення будівлі | Значення E_{max} , кВт·год/м ² [кВт·год/м ³], для температурної зони України | |
|--|--|---|---------------------------|
| | | I | II |
| 1 | Житлові будинки поверховістю: | | |
| | 1 | $600 \times F_h^{-1/4}$ | $500 \times F_h^{-1/4}$ |
| | від 2 до 3 | $470 \times F_h^{-1/4}$ | $400 \times F_h^{-1/4}$ |
| | від 4 до 9 | 55 | 48 |
| | від 10 до 16 | 48 | 42 |
| | від 17 до 24 | 43 | 38 |
| | 25 і більше | 40 | 35 |
| 2 | Громадські будівлі та споруди окрім груп будівель за позиціями 3-6 поверховістю: | | |
| | від 1 до 3 | $[230 \times V_h^{-1/3}]$ | $[200 \times V_h^{-1/3}]$ |
| | від 4 до 9 | [15] | [13] |
| | від 10 до 16 | [14] | [12] |
| | від 17 до 24 | [13] | [11] |
| | 25 і більше | [12] | [11] |
| 3 | Будинки та споруди навчальних закладів | [31] | [28] |
| 4 | Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів | [36] | [33] |
| 5 | Заклади охорони здоров'я | [47] | [42] |
| 6 | Підприємства торгівлі | [15] | [12] |
| 7 | Готелі | 51 | 44 |
| Примітка: F_h – опалювана площа житлового будинку, м ² ; V_h – опалюваний об'єм громадського будинку або споруди, м ³ . | | | |

В опалювану площу включаються опалювані сходові клітки, ліфтові та інші шахти з урахуванням їх площі на кожному поверсі.

В опалювану площу будинку не включаються площі теплих горищ і техпідпілля, неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд, сходових клітин, а також холодного горища, або його частини, не занятого під мансарду.

2. Опалюваний об'єм будинку (V_h , м³) визначається як добуток опалюваної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху.

У разі складних форм внутрішнього об'єму будинку опалюваний об'єм визначається як об'єм простору, що обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій (стіл, покриття, або горищного перекриття, цокольного перекриття).

Для підземних автостоянок опалюваний об'єм обмежується перекриттям над автостоянкою.

фасадів будинків, орієнтованих за чотирма сторонами світу - північ (Пн), схід (С), південь (Пд) і захід (З), або за проміжними напрямками (північ - захід (ПнЗ), північ - схід (ПнС), південь - схід (ПдС) і південь - захід (ПдЗ); ν - коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі і визначається згідно ДБН В.2.5-24; за відсутності точних даних слід приймати $\nu = 0,8$; ζ – коефіцієнт авторегулювання подавання тепла в системах опалення; рекомендовані значення: $\zeta = 1,0$ - в однотрубній системі з термостатами та з пофасадним авторегулюванням на ІТП або поквартирним горизонтальним розведенням; $\zeta = 0,95$ - у двотрубній системі опалення з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП; $\zeta = 0,9$ – в однотрубній системі з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП, а також у двотрубній системі опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП; $\zeta = 0,85$ - в однотрубній системі опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП; $\zeta = 0,7$ - у системі без термостатів та з центральним авторегулюванням на

ІТП з коригуванням за температурою внутрішнього повітря; $\zeta = 0,5$ - у системі без термостатів та без авторегулювання на ІТП (регулювання центральне в ІТП або котельні); β_h – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системою опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів і додатковими тепловтратами через радіаторні ділянки огорож, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення: для багатосекційних та інших протяжних будинків $\beta_h = 1,13$, для будинків баштового типу $\beta_h = 1,11$.

Загальні теплові втрати будинку через огороджувальну оболонку, кВт · год

$$Q_k = 24 K_{\text{буд}} D_d F_{\Sigma} \cdot 10^{-3}, \quad (1.5)$$

де $K_{\text{буд}}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м² · К); D_d - кількість градусо-днів опалювального періоду; F_{Σ} - загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огороджувальних конструкцій будинку з урахуванням покриття (перекриття) верхнього поверху й перекуття підлоги нижнього опалюваного приміщення, м².

Площа горизонтальних зовнішніх огороджувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекуття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін). При похилих поверхнях стель останнього поверху площа покриття, горищного перекуття визначається, як площа внутрішньої поверхні стелі.

2. Кількість градусо-днів опалювального періоду визначається за формулою

$$D_d = (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}) n_o, \quad (1.6)$$

де $t_{\text{вн}}$ – температура внутрішнього повітря, °С (див. табл.2.3); $t_{\text{ср.о}}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С (див. табл. 2.4); n_o – продовжуваність опалювального періоду, днів (див. табл. 2.4).

Таблиця 2.3. Розрахункові значення температури й вологості повітря приміщень в опалювальний період

| Призначення будинків | Розрахункова температура внутрішнього повітря $t_{\text{вн}}$, °С | Розрахункове значення відносної вологості $\phi_{\text{вн}}$, % |
|----------------------|--|--|
|----------------------|--|--|

| | | |
|-------------------------------|----|-------|
| Житлові | 20 | 55 |
| Громадські та адміністративні | 20 | 50-60 |
| Лікувальні й дитячі навчальні | 21 | 50 |
| Дошкільні заклади | 22 | 50 |

Слід зазначити, що в залежності від кількості градусо – днів (г – д) опалювального періоду D_d , Україна поділена на дві температурних зони (див. рис.2.1).

Якщо $D_d > 3501$ г – д, то населений пункт належить до I зони; Якщо $D_d < 3500$ г – д – до II зони.



Рис.2.1. Карта-схема температурних зон України:

I зона - $D_d > 3501$ г – д; II зона - $D_d < 3500$ г – д.

Загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $Вт/(м^2 \cdot К)$, визначається за формулою

$$K_{\text{буд}} = k_{\Sigma\text{пр}} + k_{\text{інф}} \quad (1.7)$$

де $k_{\Sigma_{\text{пр}}}$ - приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м² · К); $k_{\text{інф}}$ - умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, Вт/(м² · К), що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції.

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м² · К)

$$k_{\Sigma_{\text{пр}}} = \xi (F_{\text{нп}}/R_{\Sigma_{\text{пр нп}}} + F_{\text{сп}}/R_{\Sigma_{\text{пр сп}}} + F_{\text{д}}/R_{\Sigma_{\text{пр д}}} + F_{\text{пк}}/R_{\Sigma_{\text{пр пок}}} + F_{\text{ц}}/R_{\Sigma_{\text{пр ц}}}) / F_{\Sigma}, \quad (1.8)$$

де ξ - коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, пов'язані з орієнтацією огорож за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок; для житлових будинків $\xi = 1,13$, для інших будинків $\xi = 1,1$; $F_{\text{нп}}$, $F_{\text{сп}}$, $F_{\text{д}}$, $F_{\text{пк}}$, $F_{\text{ц}}$ - площа відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон, ліхтарів), зовнішніх дверей і воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів, м²; $R_{\Sigma_{\text{пр нп}}}$, $R_{\Sigma_{\text{пр сп}}}$, $R_{\Sigma_{\text{пр д}}}$, $R_{\Sigma_{\text{пр пок}}}$, $R_{\Sigma_{\text{пр ц}}}$ - приведений опір теплопередачі відповідно стін, світлопрозорих конструкцій (вікон, ліхтарів), зовнішніх дверей і воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів, (м²·К)/Вт; підлог по ґрунту - з урахуванням їх поділу на зони із значенням опору теплопередачі.

Для перекриттів теплих горищ та цокольних перекриттів над техпідпіллям відношення ($F_{\text{пк}}/R_{\Sigma_{\text{пр пок}}}$) і ($F_{\text{ц}}/R_{\Sigma_{\text{пр ц}}}$) в формулі (2.8) необхідно помножити на показник n , що визначається за формулою

$$n = (t_{\text{вн}} - t_x) / (t_{\text{вн}} - t_3), \quad (1.9)$$

де t_x - температура внутрішнього повітря теплого горища або техпідпілля, °С; t_3 - розрахункове значення температури зовнішнього повітря, °С, що визначається згідно з ДБН В.2.6-31 в залежності від температурної зони експлуатації будинку: для I температурної зони мінус 22 °С, для II температурної зони мінус 19 °С.

Таблиця 2.5. Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\alpha_{\text{вн}}$ та зовнішньої α_3 поверхонь огорожувальних конструкцій

| Тип конструкції | Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² ·К) | |
|--|---|------------|
| | $\alpha_{вн}$ | α_3 |
| Зовнішні стіни, дахи, покриття, перекриття над проїздами плоскі та з ребрами при відношенні висоти ребра h до відстані між гранями b сусідніх ребер: | | |
| $h/b \leq 0,3$ | 8,7 | 23 |
| $h/b > 0,3$ | 7,6 | 23 |
| Перекриття горищ та холодних підвалів | 8,7 | 12 |
| Перекриття над холодними підвалами та технічними поверхами, що розташовані нижче рівня землі | 8,7 | 6 |
| Вікна, балконні двері, вітражі та світлопрозорі фасадні системи | 8,0 | 23 |
| Зенітні ліхтарі | 9,9 | 23 |

Розрахунок огорожувальних конструкцій теплих горищ

а). Необхідний опір теплопередачі перекриття теплого горища, (м²·К)/Вт, визначається за формулою

$$R_{qтг} = n R_{qmin}, \quad (1.10)$$

де R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі покриття, (м²·К)/Вт, беруть згідно з ДБН В.2.6-31:2006 для I температурної зони 4,95 (м²·К)/Вт, а для II температурної зони – 4,5 (м²·К)/Вт; n – показник, що визначається за формулою (1.9), де $t_x = t_{вг}$ – розрахункове значення температури повітря теплого горища, °С, що встановлюється на підставі розрахунку теплового балансу: для 6-8-поверхових будинків 14 °С; для 9- 12-поверхових будинків 15-16 °С; для 14-17-поверхових будинків 17-18 °С.

б). Необхідний опір теплопередачі покриття, (м²·К)/Вт, визначають за формулою

$$R_{qпк} = \frac{t_{вг} - t_3}{\left[0,28 G_{вен} c (t_{вен} - t_{вг}) + \frac{(t_{вг} - t_{вг})}{R_{qтг}} + \frac{\sum_{i=1}^n (q_i l_i)}{F_{пктг}} - \frac{(t_{вг} - t_3) a_{стг}}{R_{qстг}} \right]}, \quad (1.11)$$

де $t_{вг}$ – та сама величина, що і в поясненні до формули (2.15); $t_{вг}$, t_3 – ті самі

температури, що й у формулі (2.9); $G_{\text{вєн}}$ – приведена (віднесена до 1 м^2 підлоги горища) витрата повітря в системі вентиляції, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, визначається згідно табл. 2.10; c – питома теплоємність повітря, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, в розрахунках беруть $1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; $t_{\text{вєн}}$ – температура повітря, що надходить з вентиляційних каналів, $^{\circ}\text{C}$, беруть $t_{\text{вєн}} = t_{\text{в}} + 1,5, ^{\circ}\text{C}$; $R_{q\text{тг}}$ – те саме, що і у формулі (2.15); q_i – густина теплового потоку через поверхню теплоізоляції, що припадає на 1 м довжини трубопроводу i -го діаметра з урахуванням теплових втрат через ізольовані опори, фланцеві з’єднання та арматуру, $\text{Вт}/\text{м}$; для горищ та підвалів значення q_i наведене в табл. 2.11; l_i – довжина трубопроводу i -го діаметра, м , беруть за проектом, або реальними даними; $R_{q\text{стг}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін горища, $(\text{м}^2\cdot\text{К})/\text{Вт}$; $a_{\text{стг}}$ – приведена (віднесена до 1 м^2 підлоги горища) площа зовнішніх стін теплового горища, $\text{м}^2/\text{м}^2$.

Таблиця 2.10. Приведена витрата повітря в системі вентиляції

| Кількість поверхів | Значення величини $G_{\text{вєн}}$, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, при наявності в квартирах електричних плит |
|--------------------|---|
| 5 | 9,6 |
| 9 | 15,6 |
| 12 | 20,4 |
| 16 | 26,4 |
| 22 | 35,2 |
| 25 | 39,5 |

в). Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін теплового горища, $(\text{м}^2\cdot\text{К})/\text{Вт}$, визначають за формулою

Таблиця 2.11. Густина теплового потоку через поверхню ізоляції трубопроводів на горищах та в підвалах

| Умовний діаметр трубопроводу, мм | Середня температура теплоносія t_t , $^{\circ}\text{C}$ | | | | |
|----------------------------------|---|-----|------|------|------|
| | 60 | 70 | 95 | 105 | 125 |
| | Лінійна густина теплового потоку q_i , $\text{Вт}/\text{м}$ | | | | |
| 10 | 7,7 | 9,4 | 13,6 | 15,1 | 18 |
| 15 | 9,1 | 11 | 15,8 | 17,8 | 21,6 |

| | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|
| 20 | 10,6 | 12,7 | 18,1 | 20,4 | 25,2 |
| 25 | 12 | 14,4 | 20,4 | 22,8 | 27,6 |
| 32 | 13,3 | 15,8 | 22,2 | 24,7 | 30 |
| 40 | 14,6 | 17,3 | 23,9 | 26,6 | 32,4 |
| 50 | 14,9 | 17,7 | 25 | 28 | 34,2 |
| 70 | 17 | 20,3 | 28,3 | 31,7 | 38,4 |
| 80 | 19,2 | 22,8 | 31,8 | 35,4 | 42,6 |
| 100 | 20,9 | 25 | 35,2 | 39,2 | 47,4 |
| 125 | 24,7 | 29 | 39,8 | 44,2 | 52,8 |
| 150 | 27,6 | 32,4 | 44,4 | 49,1 | 58,2 |

Примітка: Густина теплового потоку, що наведена в таблиці, визначена при температурі оточуючого повітря 18 °С. При меншій температурі повітря в приміщенні, де прокладений трубопровід (t_x), дійсна густина теплового потоку визначається за залежністю

$$q_i = q_{\text{табл}} [(t_T - t_x) / (t_T - 18)]^{1,283},$$

де $q_{\text{табл}}$ – табличне значення лінійної густини теплового потоку, Вт/м.

$$R_{q_{\text{стг}}} = (t_{\text{вг}} - t_3) / \Delta t_{\text{стг}} \alpha_{\text{вн}}, \quad (1.12)$$

де $\Delta t_{\text{стг}}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою зовнішнього повітря та приведеною температурою

внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °С, беруть згідно зДБН В.2.6-31:2006 для житлових будинків, дитячих установ, шкіл, інтернатів 3 °С, а для громадських будинків, крім зазначених вище, адміністративних та побутових, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації 4 °С; $\alpha_{\text{вн}}$ – розрахункове значення коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), беруть за даними табл. 2.5.

г). Приведена площа зовнішніх стін теплового горища, м²/м², визначається за формулою

$$a_{\text{стг}} = F_{\text{стг}} / F_{\text{пкгг}}, \quad (1.13)$$

де $F_{\text{стг}}$ – площа зовнішніх стін теплового горища, м²; $F_{\text{пкгг}}$ – площа перекриття теплового горища, м².

Г. Розрахунок огорожувальних конструкцій техпідпілля

а). Необхідний опір теплопередачі цокольного перекриття над техпідпіллям, (м²·К)/Вт, визначається за формулою

$$R_{qц1} = n R_{qmin}, \quad (1.14)$$

де R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі перекриття над неопалюваним підвалом, що розташоване вище рівня землі, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, беруть згідно з ДБН В.2.6-31:2006 для I температурної зони $3,75 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, а для II температурної зони – $3,3 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$; n – показник, що визначається за формулою (2.9), де $t_x = t_{ц}$ – беруть розрахункове значення температури повітря техпідпілля, $^{\circ}\text{C}$, але не нижче ніж $+ 5 ^{\circ}\text{C}$.

б). Температуру повітря в техпідпіллі, $^{\circ}\text{C}$, визначають за формулою

$$t_{ц} = \frac{\left[\frac{t_{в} F_{ц1}}{R_{qц1}} + \sum_{i=1}^n (q_i l_i) + 0,28 V_{п} n_{обп} \rho_{зп} t_{з} + t_{з} \sum \frac{F_{пц1i}}{R_{пц1i}} + \frac{t_{з} F_{сц1}}{R_{qсц1}} \right]}{\left[\frac{F_{ц1}}{R_{qц1}} + 0,28 V_{п} n_{обп} \rho_{зп} + \sum \frac{F_{пц1i}}{R_{пц1i}} + \frac{F_{сц1}}{R_{qсц1}} \right]}, \quad (1.15)$$

де $t_{в}$, $t_{з}$ – ті самі температури, що й у формулі (2.9); q_i , l_i – ті самі величини, що і в формулі (2.16); $F_{ц1}$ – площа перекриття над техпідпіллям, м^2 ; $V_{п}$ – об'єм техпідпілля, м^3 ; $n_{обп}$ – кратність повітрообміну в техпідпіллі, год^{-1} , у разі встановлення в підвалі газових труб величина $n_{обп} = 1,0 \text{ год}^{-1}$, в інших випадках $n_{обп} = 0,5 \text{ год}^{-1}$; $\rho_{зп}$ – густина повітря у техпідпіллі, $\text{кг}/\text{м}^3$, беруть $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$; $F_{пц1}$ – площа підлоги та стін підвалу, що контактують із ґрунтом, м^2 ; $R_{пц1}$ – опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, що контактують з ґрунтом, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ (див. п. в)); $F_{сц1}$ – площа зовнішніх стін підвалу над рівнем поверхні ґрунту, м^2 ; $R_{qсц1}$ – нормативне значення опору теплопередачі зовнішніх цокольних стінових огорожувальних конструкцій, що розташовані над рівнем ґрунту, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, беруть згідно з ДБН В.2.6-31:2006 як для зовнішніх стін для I температурної зони $3,3$

$(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, а для II температурної зони – $2,8 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

Якщо отримана за формулою (2.20) величина $t_{ц}$ менша за раніше взяту температуру, то це свідчить про значні тепловтрати у техпідпіллі. Тоді проводиться оптимізація теплоізоляції огорожувальних конструкцій техпідпілля і розрахунок повторюється згідно з п. п а) – в) до отримання величини $t_{ц}$, яка більша за взяту розрахункову.

в). Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, що контактують з ґрунтом, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, визначають за зонами завширшки 2 м , паралельними

зовнішнім стінам, за формулою

$$R_{\text{пцлі}} = R_{\text{прці}} + (\delta_{\text{ут}} / \lambda_{\text{ут}}), \quad (1.16)$$

де $R_{\text{прці}}$ – опір теплопередачі відповідних зон, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$; беруть 2,15 для першої зони; 4,3 – для другої зони; 8,6 – для третьої зони; 14,2 – для площі, що залишилася. Зони завширшки 2 м починають розмічати від лінії контакту стіни підвалу з ґрунтом вниз по стіні з переходом на підлогу підвалу. Зони розмічаються послідовно від усього периметра контакту стін із ґрунтом в напрямку середини будинку; $\delta_{\text{ут}}$ та $\lambda_{\text{ут}}$ – відповідно товщина, м, та теплопровідність, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, теплоізолюючого шару.

Д. Розрахунок огороджувальних конструкцій закслених лоджій та балконів

а). Приведений опір теплопередачі системи огороджувальних конструкцій заксленої лоджії, що розділяють внутрішнє та зовнішнє середовище, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$: зовнішніх стін $R_{\text{нп.бал}}$ та світлопрозорих конструкцій $R_{\text{сп.бал}}$ визначають за формулами

$$R_{\text{нп.бал}} = R_{\text{пр нп}} / n \quad \text{та} \quad R_{\text{сп.бал}} = R_{\text{пр сп в}} / n, \quad (1.17)$$

де $R_{\text{пр нп}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої частини зовнішньої стіни в межах заксленої лоджії чи балкона, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$; $R_{\text{пр сп в}}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій, що розташовані в зовнішній стіні в межах заксленої лоджії чи балкона, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$; n – показник, що визначається за формулою (2.9), де $t_x = t_{\text{в бал}}$ – температура повітря усередині заксленої лоджії чи балкона, $^{\circ}\text{C}$, визначається згідно з п. б).

б). Температура повітря усередині заксленої лоджії чи балкона, $^{\circ}\text{C}$

$$t_{\text{в.бал}} = \frac{\left[t_{\text{в}} \sum_{i=1}^n \frac{F_{\text{влі}}}{R_{\Sigma \text{влі}}} + t_{\text{з}} \sum_{j=1}^m \frac{F_{\text{злі}}}{R_{\Sigma \text{злі}}} \right]}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{F_{\text{влі}}}{R_{\Sigma \text{влі}}} + \sum_{j=1}^m \frac{F_{\text{злі}}}{R_{\Sigma \text{злі}}} \right]}, \quad (1.18)$$

де $t_{\text{в}}$, $t_{\text{з}}$ – ті самі температури, що й у формулі (2.9); $F_{\text{влі}}$, $R_{\Sigma \text{влі}}$ – відповідно

площа, m^2 , та приведений опір теплопередачі, $(m^2 \cdot K)/Wt$, i – ої ділянки огороження між приміщенням (приміщеннями) будинку та лоджією чи балконом; n – кількість ділянок огорожень між приміщенням (приміщеннями) будинку та лоджією чи балконом; $F_{\Sigma j}$, $R_{\Sigma j}$ – відповідно площа, m^2 , та приведений опір теплопередачі, $(m^2 \cdot K)/Wt$, j – ої ділянки огороження між лоджією чи балконом та зовнішнім повітрям; m – кількість ділянок огорожень між лоджією чи балконом та зовнішнім повітрям.

Для будинку, що складається з різних за призначеннями об'ємно-планувальних елементів приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки для всього будинку, $Wt/(m^2 \cdot K)$, визначається за формулою

$$k_{\Sigma пр} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[K_{\Sigma пр i} F_{\Sigma i} \frac{(t_{вi} - t_3)}{(t_в - t_3)} \right]}{\sum_{i=1}^n F_{\Sigma i}}, \quad (1.19)$$

де $k_{\Sigma пр i}$ – приведений коефіцієнт теплопередачі оболонки i – го об'ємно-планувального елемента будинку, $Wt/(m^2 \cdot K)$; $F_{\Sigma i}$ – загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій i – го об'ємно-планувального елемента будинку, m^2 ; $t_{вi}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря i – го об'ємно-планувального елемента будинку, $^{\circ}C$; визначається відповідно до призначення даного елемента будинку; $t_в$, t_3 – ті самі температури, що й у формулі (2.9).

Умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, $Wt/(m^2 \cdot K)$, що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції

$$k_{інф} = 0,278 \cdot c \cdot n_{об} \cdot v_v \cdot V_h \cdot \rho_3 \cdot \eta / F_{\Sigma}, \quad (1.20)$$

де c - питома теплоємність повітря, беруть $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot K)$; $n_{об}$ – середня кратність повітрообміну будинку за опалувальний період, год^{-1} , що встановлюється експериментально або визначається для приміщень житлових будинків згідно з п. а), а для громадських будинків згідно з п. б); v_v -

коефіцієнт зниження об'єму повітря у будинку, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. За відсутності точних даних беруть $\nu_v = 0,85$; V_h – те саме, що і в формулі (1.3); ρ_z – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, кг/м³; η – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається 0,7 – для стиків панелей стін, а також вікон із ПВХ-профілів, з дерев'яних блоків та з алюмінієвих профілів з заповненням склопакетами; 0,8 – для вікон у роздільних плетіннях; 1,0 – для вікон у спарених плетіннях; при цьому коефіцієнт η беруть за найбільшим значенням, єдиним для всього будинку; F_Σ – те саме, що і у формулі (2.5).

$$\rho_z = 353 / [273 + 0,5(t_b + t_{cp.o})], \quad (1.21)$$

де t_b – розрахункова температура внутрішнього повітря приміщень будинків, °С; $t_{cp.o}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С.

а). Середня кратність повітрообміну житлового будинку за опалювальний період, год⁻¹, визначається за формулою

$$n_{об} = 3 F_{fж} / \nu_v V_h,$$

де $F_{fж}$ – площа квартир житлового будинку, м²; ν_v – той самий коефіцієнт, що і в формулі (2.25); V_h – те саме, що і в формулі (1.3).

Коефіцієнт скління фасадів будинку

$$m_{ск} = F_{сп} / (F_{нп} + F_d + F_{сп}), \quad (1.22)$$

де $F_{сп}$, $F_{нп}$, F_d – ті самі величини, що і в формулі (2.8).

Показник компактності будинку, м⁻¹

$$\Lambda_{к. буд} = F_\Sigma / V_h, \quad (1.23)$$

де F_Σ – те саме, що і у формулі (2.5); V_h – те саме, що і у формулі (2.3).

За результатами розрахунків енергетичної ефективності складається енергетичний паспорт будинку, форма якого наведена в табл. 2.14.

Форма енергетичного паспорта будинку

Загальна інформація

| | |
|---------------------------------------|--|
| Дата заповнення (рік, місяць, число) | |
| Адреса будинку | |
| Розробник проекту | |
| Адреса і телефон розробника | |
| Шифр проекту будинку | |
| Рік будівництва | |

Розрахункові параметри

| Найменування розрахункових параметрів | Позначення | Одиниця | Величина |
|--|------------|---------|----------|
| Розрахункова температура внутрішнього повітря | $t_{в}$ | °С | |
| Розрахункова температура зовнішнього повітря | $t_{з}$ | °С | |
| Розрахункова температура теплого горища | $t_{вг}$ | °С | |
| Розрахункова температура техпідпілля | $t_{ц}$ | °С | |
| Тривалість опалювального періоду | $n_{о}$ | діб | |
| Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період | $t_{в}$ | °С | |
| Розрахункова кількість градусо-діб опалювального періоду | D_d | °С·діб | |

Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку

| | |
|--------------------------------|--|
| Призначення | |
| Розміщення в забудові | |
| Типовий проект, індивідуальний | |
| Конструктивне рішення | |

Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

| Показники | Позначення і одиниці показника | Нормативне значення показника | Розрахунок (проектне значення показника) | Фактичне значення показника |
|-----------|--------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|
|-----------|--------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|

Геометричні показники

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку У тому числі: | $F_{\Sigma}, \text{м}^2$ | - | | |
| - стін | $F_{\text{стін}}, \text{м}^2$ | - | | |
| - вікон і балконних дверей | $F_{\text{спв}}, \text{м}^2$ | - | | |
| - вітражів | $F_{\text{спвт}}, \text{м}^2$ | - | | |
| - ліхтарів | $F_{\text{спл}}, \text{м}^2$ | - | | |
| - покриттів (суміщених) | $F_{\text{пк}}, \text{м}^2$ | - | | |
| - горищних перекриттів (холодного горища) | $F_{\text{пкхг}}, \text{м}^2$ | - | | |
| - перекриттів теплих горищ | $F_{\text{пктг}}, \text{м}^2$ | - | | |
| - перекриттів над техпідпіллями | $F_{\text{ц1}}, \text{м}^2$ | - | | |
| - перекриттів над неопалюваними підвалами і підпіллями | $F_{\text{ц2}}, \text{м}^2$ | - | | |
| - перекриттів над проїздами і під еркерами | $F_{\text{ц3}}, \text{м}^2$ | - | | |
| Площа опалюваних приміщень | $F_{\text{пк}}, \text{м}^2$ | - | | |
| Корисна площа (для громадських будинків) | $F_{\text{пк}}, \text{м}^2$ | - | | |
| Площа житлових приміщень і кухонь | $F_{\text{пк}}, \text{м}^2$ | - | | |
| Розрахункова площа (для громадських будинків) | $F_{\text{пк}}, \text{м}^2$ | - | | |
| Опалюваний об'єм | $V_h, \text{м}^3$ | - | | |
| Коефіцієнт скління фасадів будинку | $m_{\text{ск}}$ | - | | |
| Показник компактності будинку | $\Lambda_{\text{к. буд}}, \text{м}^{-1}$ | - | | |

Теплотехнічні показники

| | | | | |
|---|---|--|--|--|
| Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій: | $R_{\Sigma \text{пр}}, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ | | | |
| - стін | $R_{\Sigma \text{пр стін}}$ | | | |
| - ліхтарів | $R_{\Sigma \text{пр спв}}$ | | | |
| - входних дверей, воріт | $R_{\Sigma \text{пр спл}}$ | | | |

| | | | | |
|-------------------------|--------------------|--|--|--|
| - покриттів (суміщених) | $R_{\Sigma пр д}$ | | | |
| | $R_{\Sigma пр нк}$ | | | |

Практична робота №2

Тема: «Визначення ефективності енергозберігаючих заходів в системах освітлення»

Мета роботи: ознайомитися з енергозберігаючими заходами в системі освітлення

Теоретичні відомості

Економічний потенціал енергозбереження визначається як технічно можливе й економічно доцільне зниження споживання енергії без зменшення обсягів виробництва шляхом реалізації енергозберігаючих заходів, упровадження енергоекономних технологій, техніки, залучення в енергобаланс нетрадиційних джерел енергії. У зв'язку з цим виділяють наступні основні напрямки й заходи щодо економії електроенергії:

- 1) скорочення втрат в електричних мережах;
- 2) регульований електропривод – ревізія і точне узгодження привода з навантаженням; розробка і впровадження регульованих електроприводів; використання систем регулювання на працюючих приводах;
- 3) енергоекономні системи і засоби освітлення приміщень - заміна ламп накалювання компактними люмінесцентними лампами з високою світловою віддачею; використання систем регулювання освітлення;
- 4) впровадження енергоекономних електротехнологій замість традиційних (механічних чи теплових);
- 5) організація експлуатації електро- і енергоустаткування, а також якісного і своєчасного ремонту;
- 6) впровадження енергоекономних освітлювальних, опалювальних і інших систем, приладів і технічних засобів у побуті й соціальній сфері - нові енергоекономні технічні засоби, електрифікована побутова техніка; акумуляційні системи для опалення і нагрівання води;
- 7) економія електроенергії в електротеплових процесах виробництва;
- 8) використання рослинних і деревних відходів для вироблення газоподібного і рідкого палива, які частково використовуються для виробництва електроенергії – одержання біогазу з відходів тваринництва, а

також генераторного газу і рідкого палива, використання їх для вироблення електроенергії;

9) використання поновлюваних джерел енергії для перетворення їх в електричну енергію – фотоелектричні установки; вітроенергетичні установки; гідроелектростанції;

10) реалізація організаційних і техзаходів обліку та економії електроенергії – пооб'єктний облік витрати електроенергії; багатотарифна система обліку; заохочення за економію і штрафи за перевитрату енергії; засоби регулювання параметрів електрифікованих процесів і витрати електроенергії.

2. Енергозаощадження в системі освітлення

Хоча в загальному споживанні енергії в промисловості частка освітлення невисока, проекти по установці ефективної системи освітлення все-таки мають високу економічну ефективність. Найчастіше на даному промисловому підприємстві використовуються лампи розжарювання і ртутні лампи. Вони не є найефективнішими. Заміна на флуоресцентне освітлення або натрієві лампи звичайно має строк окупності менш 5 років при існуючих в Україні тарифах на електроенергію. За рахунок установки енергоефективних ламп можна одержати й інші дуже важливі вигоди: такі лампи знижують витрати на експлуатацію і технічне обслуговування, тому що вони служать довше, ніж традиційні лампи, і з їх допомогою можна підвищити безпеку на робочому місці за рахунок забезпечення кращого освітлення при споживанні меншої кількості енергії. Установка ефективної системи освітлення може також свідчити про те, що підприємство зацікавлене у впровадженні програми енергоефективності в цілому і готове до цього. З психологічної точки зору це треба розглядати як позитивний фактор для впровадження програми підвищення енергоефективності на підприємстві. Першим кроком до підготовки модернізації системи освітлення є оцінка потреби у освітленні.

Технологія освітлення лампами розжарювання є найбільш старою і самою неефективною. Вартість ламп розжарювання невисока, але втрати протягом усього періоду служби не конкурентноздатні в порівнянні з флуоресцентними лампами. Застосування флуоресцентних ламп у промисловості є гарним енергозберігаючим заходом для внутрішнього освітлення. При зовнішнім освітленні ртутні лампи можуть бути замінені натрієвими лампами високого або низького тиску. Натрієві лампи низького тиску є найбільш ефективними серед інтенсивних газорозрядних ламп (до таких ламп відносять ртутні лампи, металогалогенні і натрієві лампи високого тиску). Однак натрієві лампи низького тиску забезпечують недостатню передачу кольору. Натрієві лампи високого тиску є проміжним

варіантом: вони більш ефективні в порівнянні з ртутними лампами, але на 60 % менш ефективні, чим натрієві лампи низького тиску. Рівень інтенсивності освітлення натрієвими лампами високого тиску не є найвищим, але інтенсивність освітлення цими лампами вище, ніж натрієвими лампами низького тиску. Приймаючи рішення про вибір системи освітлення, необхідно належну увагу приділити баластам, оскільки вони мають безпосередній вплив на інтенсивність освітлення (і, зрозуміло, на його ефективність). Усі системи освітлення, крім ламп розжарювання, вимагають використання баластів. Існує два типи баластів для систем освітлення флуоресцентними лампами: магнітні й електронні. Останні є найбільш ефективними. Лампи з високоінтенсивним розрядом також вимагають застосування баластів, але з меншою кількістю варіантів вибору. Для того щоб одержати точні результати при оцінці витрат і вигод проекту по впровадженню систем освітлення, дуже важливо врахувати вартість як баласту, так і додаткової електричної енергії, що споживається ним.

Крім заміни системи освітлення, існує ряд інших енергозберігаючих заходів. Вимикання світла при відсутності необхідності в ньому – найпростіше рішення проблеми енергозбереження. Системи автоматичного регулювання можуть бути встановлені з метою відключення системи освітлення при відсутності в приміщенні працівників. Використання місцевого освітлення також забезпечує економію енергії. Сконцентрувавши світло на робоче місце (звичайно, установивши систему освітлення якнайближче до робочого місця). Регулярне технічне обслуговування може підвищити рівень продуктивності і збільшити інтенсивність освітлення при мінімальних витратах. Арматура люмінесцентних ламп також може бути модернізована при використанні рефлекторів для підвищення ефективного використання освітлення.

Література

1. Енергозбереження і енергоефективність. Конспект лекцій для студентів напрямку підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та системи». - К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 106 с.
2. Енергозбереження в теплопостачанні: текст лекцій для студентів спеціальності “Теплоенергетика” [Електронний ресурс]/ М.Ф. Боженко. Вид. 2-е, перероб. і доп. – Київ: НТУУ «КПІ», ТЕФ, 2015. - 225 с.
3. Енергозберігаючі технології в енергетиці: навч. посіб./ Л.Н. Добровольська, Д.С. Собчук, В.В. Черкашина – Луцьк: Вежа-Друк , 2021. – 192 с.
4. Праховник А. В. Енергозбереження в промисловості. Частина 1 [Електронний ресурс]: навчальний посібник / А. В. Праховник, О. М. Суходоля, С. П. Денисюк [та ін.]; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011, <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/1612>.

Зміст

| | |
|--|----|
| Практична робота №1. Визначення ефективності заходів по економії теплової енергії в будівлях | 3 |
| Практична робота №2. Визначення ефективності енергозберігаючих заходів в системах освітлення | 20 |
| Література..... | 23 |

