

РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

4.1 Практичне заняття №1. Аналіз втрат тепла в будинках

Аналіз втрат тепла в будинках проводиться для визначення та застосування заходів з енергозбереження.

Збереження енергоресурсів є актуальною проблемою сьогодення. Тому перед суспільством постає питання заощадження тепла та його ефективного використання.

Аналіз втрат тепла у будинку дозволяє запропонувати ефективні методи енергозбереження.

Назвіть причину, впишіть процент співвідношення втрат тепла у будинку до рис. 4.2. та запропонуйте ефективні методи енергозбереження.



Рис.4.2. Схема будинку

4.2 Практичне заняття №2. Спрощений розрахунок орієнтованого споживання житловим будинком теплової енергії після термомодернізації

Наведений далі приклад розрахунку по житловому будинку в м.Чернівці може бути використаний для визначення питомих витрат теплової енергії на опалення на попередньому етапі підготовки проекту з підвищення енергоефективності будинку.

Для розрахунку застосовуються такі показники як приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, що характеризують існуючу будівлю до

термомодернізації, та аналогічні показники, що прогнозується досягнути після термомодернізації.

Методологія розрахунку, що використовується в даному прикладі, базується на методиках, що прийняті чинними нормативними актами України. Основною суттю спрощеної методики є визначення кількості теплової енергії, яка необхідна для підтримання в приміщеннях будинку нормативних показників температури з урахуванням втрат теплової енергії (через огорожувальні конструкції, системи вентиляції та опалення, що включає прилади опалення, систему розподілення, трубопроводи, стояки тощо, та обладнання теплового пункту), а також із врахуванням додаткових теплонадходжень в будинок від сонячної радіації та людей, обладнання, побутових приладів, освітлення у будинку.

Метою спрощеного розрахунку є визначення розрахункового обсягу економії теплової енергії, необхідного для опалення будинку відповідно до санітарно-гігієнічних нормативів, до термомодернізації ($Q_{до}^p$) та після її проведення ($Q_{після}^p$). Співвідношення зазначених показників дозволяє визначити коефіцієнт умовного скорочення витрат теплової енергії в результаті термомодернізації, який розраховується за формулою $f = Q_{після}^p / Q_{до}^p$. Прогнозований мінімальний обсяг витрат теплової енергії на опалення будинку після термомодернізації розраховується помноженням величини фактичного споживання теплової енергії до термомодернізації ($Q_{до}^ф$), який визначається по лічильникам або за даними надавача послуг з опалення, на коефіцієнт умовного скорочення (f) за формулою $Q_{після}^{p2} = Q_{до}^ф \cdot f$.

Реальний обсяг споживання теплової енергії після термомодернізації знаходиться в діапазоні між показниками $Q_{після}^p$ та $Q_{після}^{p2}$. Тобто, мінімальне споживання теплової енергії буде відповідати показнику $Q_{після}^{p2}$, а максимальне $Q_{після}^p$. Для розрахунку економічних показників на практиці рекомендується приймати середньоарифметичний показник від них.

На подальших етапах для більш точних розрахунків (похибка може становити до 10%) мають бути залучені спеціалісти -енергоаудитори, сертифіковані експерти з оцінки технічного стану, проектувальники. Повний приклад розрахунку приведений в ДСТУ Б.А.2.2-12: 2015.

Загальна інформація. Об'єкт - п'ятиповерховий житловий будинок розташований в м. Чернівці, знаходиться в 2-й температурній зоні (додаток «В» до

ДБН В.2.6-31:2006). Будинок має прямокутну форму розмірами 13,5х38,0 м, підвал та горище. Загальна висота будинку 20,0 м. Будинок має два під'їзди зі сходовими клітинами.

Тип та конструктивні рішення будинку.

Окремо розташований житловий будинок.

Перекрыття над підвалом - збірні залізобетонні конструкції.

Стінова панель з червоної цегли товщиною 380 мм.

Покрівля шатрова двоскатна. Перекрыття горища - збірні залізобетонні конструкції із засипкою шлаком.

Горище та техпідпілля не опалюються.

Світлопрозорі конструкції (вікна, балконні двері) виконані з подвійного застклення в дерев'яних спарених рамах.

Система опалення будинку:

водяне опалення з підключенням до системи централізованого теплопостачання;

однотрубна вертикальна система з нижнім розведенням без автоматичного балансування на стояках;

трубопроводи в підвалі ізолювані;

погодне регулювання в тепловому пункті відсутнє;

опалювальні прилади (радіатори) без терморегуляторів.

Геометричні параметри будинку.

Відомості про площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, опалювану площу, площу житлових приміщень та кухонь, опалюваний об'єм, а також геометричну форму будинку та його орієнтацію за сторонами світу, які необхідні для розрахунку, визначаються на основі проектної документації (має зберігатися в житлово-експлуатаційному підприємстві або місцевому органі архітектури), а за її відсутності з технічного паспорту будинку (має зберігатися в місцевому бюро технічної інвентаризації) або вимірюються ініціаторами проекту та вносяться в таблицю.

Основні об'ємно-планувальні показники:

Кондиціонована (опалювальна) площа будівлі - $F_n = 2370 \text{ м}^2$. Кондиціоновану площу визначають за внутрішніми габаритними розмірами огорожувальних конструкцій, включаючи площу внутрішніх стін та перегородок, що розділяють приміщення, які входять до кондиціонованого (опалювального) об'єму;

Кондиційонований (опалюваний) об'єм будівлі - $V_h = 7110\text{м}^3$, визначається як добуток опалюваної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху;

Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій - $F_\Sigma = 2211\text{м}^2$, визначається за внутрішніми розмірами будинку, у тому числі площі огорожувальних конструкцій горища та підвалу;

Загальна площа зовнішніх непрозорих стінових огорожувальних конструкцій – $F_{\text{шт}} = 627\text{ м}^2$

(без урахуванням віконних і дверних прорізів), визначається як добуток периметра зовнішніх стін за внутрішньою поверхнею на внутрішню висоту будинку, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху з урахуванням площі віконних і дверних укосів глибиною. Площа вікон визначається за розмірами прорізів у світлі. Площа зовнішніх стін (непрозорої частини) визначається як різниця загальної площі зовнішніх стін і площі вікон і зовнішніх дверей;

Загальна площа вікон – $F_{\text{сп.в}} = 864\text{ м}^2$, в тому числі по кожному з фасадів (південному, північному, західному, східному): площа вікон північного фасаду - $F_{\text{шт}} = 432\text{ м}^2$, площа вікон південного фасаду - $F_{\text{шт}} = 432\text{ м}^2$. На інших двох фасадах вікна відсутні;

Загальна площа входних (зовнішніх) дверей - $F_d = 9\text{ м}^2$;

Загальна площа перекриття холодного горища – $F_{\text{пк.хг}} = 474\text{ м}^2$. Площа горизонтальних зовнішніх огорожувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекриття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін). У разі похилих поверхонь стелі останнього поверху площа покриття, горищного перекриття визначається як площа внутрішньої поверхні стелі;

Загальна площа перекриття над технічним підпіллям – $F_{\text{п1}} = 237\text{ м}^2$. (Підвал розміщено під частиною будівлі).

Вихідні дані для розрахунків.

Утеплення будинку досягається шляхом підвищення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій, показники яких $R_{\text{до}}$ та $R_{\text{після}}$ надано в таблиці 5 Додатку.

При цьому показники опору теплопередачі зовнішніх стін, горищного та підвального перекриття конструкцій будинку до термомодернізації ($R_{\text{до}}$) визнача-

ються розрахунковим шляхом (розрахунок наведено нижче), а аналогічні показники для вікон, балконних дверей та зовнішніх входних дверей прийняті за результатами експериментальних досліджень Інституту технічної теплофізики НАН України (вказані показники поширюються на вікна та балконні двері усіх типів житлових будинків минулих років).

Таблиця 4.1.

Показники опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку

Назва огорожувальної конструкції	$R_{до}$ ($m^2K/Вт$)	$R_{після}$ ($m^2K/Вт$)
Зовнішні стіни, ($R_{зс}$)	0,65	3,30
Перекриття горищне, ($R_{пг}$)	0,80	4,95
Перекриття над підвалом, ($R_{пш}$)	1,46	3,75
Віконні скління та балконні двері, ($R_{в}$)	0,34	0,75
Зовнішні вихідні двері, ($R_{зд}$)	0,40	0,65

Таким чином, опір теплопередачі зовнішніх стін ($R_{зс}$) становить - 0,65 $m^2K/Вт$ ($R_{зс} = \frac{\delta}{\lambda_p} = \frac{0,38}{0,58} = 0,65 m^2K/Вт$, де $\delta = 0,38$ м товщина стіни, та $\lambda_p = 0,58$ $Вт/(м \cdot К)$ - теплопровідність цегляної кладки визначається по таблиці Л1 ДБН В.2.6-31: 2006.

Опір теплопередачі горищного ($R_{пг}$) та підвального перекриттів ($R_{пш}$) також розраховуються за аналогічною формулою, але при цьому враховується багат шаровість цих перекриттів, кожний з шарів яких має відмінні товщину та коефіцієнти теплопровідності.

Зокрема, для перекриття горища ($R_{пг}$) - 0,8 $m^2K/Вт$. Розраховано виходячи з того, що товщина залізобетонної плити перекриття становить 0,22 м, теплопровідність бетону $\lambda_p = 2,04$ $Вт/(м \cdot К)$, та 130 мм шлакової засипки $\lambda_p = 0,19$ $Вт/(м \cdot К)$ (ДБН В.2.6-31:2006, таблиця Л1).

$$\text{Опір теплопередачі } R_{пг} = \sum \frac{\delta}{\lambda_p} = 0,22/2,04 + 0,130/0,19 = 0,8 m^2K/Вт$$

Для перекриття над підвалом ($R_{пш}$) - 1,46 $m^2K/Вт$. Розраховано виходячи з того, що товщина залізобетонної плити перекриття становить 0,22 м, теплопровідність бетону $\lambda_p = 2,04$ $Вт/(м \cdot К)$, 50 мм плита пінополістирольна $\lambda_p = 0,045$ $Вт/(м \cdot К)$, стяжка 50 мм з цементно-піщаного розчину $\lambda_p = 0,81$ $Вт/(м \cdot К)$ по піщаній засипці 110 мм $\lambda_p = 0,58$ $Вт/(м \cdot К)$ (ДБН В.2.6-31:2006, таблиця Л1).

Опір теплопередачі:

$$R_{III} = \sum \frac{\delta}{\lambda_p} = 0,22/2,04 + 0,05/0,045 + 0,05/0,81 + 0,11/0,58 = 1,46 \text{ м}^2\text{К/Вт}$$

Нормативні значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для житлових будинків, які повинні бути досягнуті після термомодернізації (R_{III} сля), встановлені в таблиці 1 ДБН В.2.6-31:2006.

Крім утеплення огорожувальних конструкцій проектом передбачено модернізацію інженерних систем:

- улаштування індивідуального теплового пункту з погодним регулюванням;
- автоматичне балансування на стояках.

Розрахунок теплотехнічних показників будинку "після термомодернізації". Загальна потреба у тепловій енергії будинком на опалення на опалювальний період $Q_{\text{рік}}$ ($Q_{\text{після}}^p$) розраховується за формулою (4.1):

$$Q_{\text{рік}} = Q_k - (Q_{\text{внш}} + Q_s) + Q_{\text{H,em,ls}} + Q_{\text{H,dis}} + Q_{\text{H,gen,ls}}, \quad (4.1)$$

$Q_{\text{рік}}$ - розрахункове енергоспоживання теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду, кВт·год;

Q_k - тепловтрати крізь огорожувальні конструкції та інфільтраційні втрати (через вентиляцію) протягом опалювального періоду, кВт·год;

$Q_{\text{внш}}$ - побутові теплонадходження (від людей, обладнання, приладів тощо) протягом опалювального періоду, кВт·год;

Q_s - теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год;

$Q_{\text{H,em,ls}}$ - втрати тепла при тепловиділенні/теповіддачі в системі опалення (втрати тепла на приладах опалення та гідравлічному розбалансуванні системи), кВт·год;

$Q_{\text{H,dis}}$ - втрати тепла при транспортуванні тепла по трубопроводам, що розташовані в підвалі та/або на горищі (за межами теплової оболонки будівлі), кВт·год.;

$Q_{\text{H,gen,ls}}$ - втрати на виробництво/генерування та акумулювання тепла у тепловому пункті будинку в залежності від його типу, кВт·год.

4.3 Практичне заняття №3. Розрахунок загальних тепловтрат будинку через огорожувальні конструкції

Загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку Q_k , кВт·год визначаються за формулою 4.2:

$$Q_k = X_1 \cdot K_{\text{буд}} \cdot F_{\Sigma} = 0,024 \cdot 1,48 \cdot 3587,5 \cdot 2211 = 302070 \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (4.2)$$