

УДК 621.577

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІДХИЛЕНЬ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ
ТЕПЛОВОЇ МОДЕЛІ БУДИНКУ НА ЗАГАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ
ТЕПЛОВТРАТ**

Дем'янчук О.З., аспірант

Київський національний університет технологій та дизайну

Шавьолкін О.О., доктор технічних наук, професор

Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: тепла модель будинку, тепловтрати, відхилення розрахункових параметрів, аналіз чутливості, тепла інерція, коефіцієнт теплопередачі.

При побудові теплової моделі приватного будинку значна частина параметрів визначається не прямими вимірюваннями, а за нормативами. До таких параметрів належать приведені коефіцієнти теплопередачі огорожувальних конструкцій, коефіцієнт вентиляційних втрат, параметри теплової інерції, а також сонячні й внутрішні теплонадходження. За відсутності емпіричних даних тепловтрати визначаються не одним точним значенням, а інтервалом можливих значень. Метою роботи є оцінювання впливу відхилень розрахункових параметрів на результати розрахунку тепловтрат одноквартирного будинку та встановити найбільш чутливі складові моделі.

Об'єктом дослідження є одноповерховий житловий будинок площею 120 м² з габаритами 8×15 м і висотою поверху 2,8 м розташований у Київській області. Розрахунок виконано на основі повного теплового балансу будинку, в якому трансмісійні та вентиляційні втрати коригуються сонячними й внутрішніми теплонадходженнями. Для режиму опалення розрахункову потребу в тепловій енергії подано у вигляді

$$\begin{aligned} Q &= Q_{tr} + Q_{ve} - Q_{sol} - Q_{int} = \\ &= H_{tr} [\theta_{int} - \theta_{ext}] + H_{ve} [\theta_{int} - \theta_{ext}] - Q_{sol} - Q_{int} \end{aligned}$$

де Q - потреба в тепловій енергії за розрахунковий інтервал, а H_{tr} та H_{ve} - узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією та вентиляцією відповідно [1–4]. Сумарний коефіцієнт тепловтрат H визначає загальне розрахункове значення тепловтрат будинку за заданих температурних умов.

Для прийнятої геометрії та складу огорожувальних конструкцій отримано узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією $H_{tr} = 191,03$ Вт/К, а узагальнений коефіцієнт теплопередачі вентиляцією для режиму

опалення $H_{ve} = 64,37$ Вт/К. Сумарний коефіцієнт тепловтрат становить 255,40 Вт/К. Аналіз показує, що найбільший внесок у сумарні тепловтрати формують підлога на ґрунті - 42,3% та вентиляційна складова - 25,2%. Частка даху становить 11,8%, зовнішніх стін - 10,3%, вікон - 8,8%, дверей - 1,6%. Отже саме параметри, пов'язані з підлогою та повітрообміном мають найбільший вплив і першочергово бути уточнені.

На поточному етапі, за відсутності експлуатаційних вимірювань, можливі відхилення розрахункових параметрів оцінюються сценарно. Для коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій прийнято діапазон варіації $\pm 10\%$, що відповідає можливому розкиду теплопровідності матеріалів, монтажних відхилень і термічної неоднорідності конструкцій. Для вентиляційної складової прийнято $\pm 15\%$, оскільки саме вона найбільше залежить від режиму повітрообміну, інфільтрації та інших факторів. Параметр внутрішньої теплоємності розглядався окремо за нормативними класами 25, 35, 50, 80 і 110 Вт·год/(м²·К). Його вплив для задачі стаціонарних тепловтрат є опосередкованим, проте в динамічних режимах він визначає часовий зсув і згладжування теплових процесів.

Результати оцінки чутливості наведені в табл. 1. Зміна коефіцієнта теплопередачі підлоги на $\pm 10\%$ змінює сумарний коефіцієнт тепловтрат на $\pm 4,23\%$, а зміна вентиляційної складової на $\pm 15\%$ змінює його на $\pm 3,78\%$. Для стін, даху і вікон відповідні впливи є меншими й не перевищують 1,2% для кожного параметра відповідно. Таким чином, теплопередача через підлогу та вентиляційні втрати найбільше впливають на відхилення розрахункового значення тепловтрат. За консервативної сумарної оцінки прийнятих варіацій очікуване відхилення стаціонарної складової тепловтрат становить близько $\pm 11\%$.

Структура впливів показує, що підвищення точності розрахунку лише для стін або вікон не забезпечує істотного зменшення відхилення розрахункового значення тепловтрат без одночасного уточнення вентиляційної складової та теплопередачі через підлогу.

Окремого уточнення потребує внутрішня теплоємність будівлі. На відміну від коефіцієнтів H_{tr} та H_{ve} , вона слабше впливає на сумарне значення тепловтрат у розрахунку, але істотно змінює добові графіки температури та навантаження. Тому для попереднього інженерного оцінювання тепловтрат допустимо використовувати найближчий нормативний клас конструкції, тоді як для задач прогнозування, керування мікрокліматом параметр теплоємності слід ідентифікувати окремо [5].

Таблиця 1

Вплив відхилень розрахункових параметрів на сумарний коефіцієнт тепловтрат

Параметр	Базове значення, Вт/К	Діапазон варіації	Зміна сумарного коефіцієнта,%
Теплопередача через підлогу	108,01	±10%	±4,23
Вентиляційні втрати	64,37	±15%	±3,78
Теплопередача через дах	30,20	±10%	±1,18
Теплопередача через стіни	26,20	±10%	±1,03
Теплопередача через вікна	22,46	±10%	±0,88
Теплопередача через двері	4,16	±10%	±0,16

Отже запропонований підхід дозволяє ще до емпіричних вимірювань оцінити, які параметри теплової моделі найбільше впливають на відхилення розрахункового значення тепловтрат. Для розглянутого будинку такими параметрами є вентиляційна складова та теплопередача через підлогу на ґрунті.

Отримані результати можуть бути використані для подальшого експериментального уточнення моделі на реальному об'єкті, вибору датчиків та формування навчальних вибірок для нейромережевих алгоритмів керування енергоспоживанням.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. ДП “УкрНДНЦ”, чинний з 01.03.2023.
2. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. ДП “УкрНДНЦ”, чинний з 01.03.2023.
3. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. МінрегіонУкраїни, 2022.
4. EN ISO 13370:2017. Thermal performance of buildings — Heat transfer via the ground — Calculation methods. ISO, 2017.
5. Kim N.-K., Shim M.-H., Won D. Building Energy Management Strategy Using an HVAC System and Energy Storage System. *Energies*. 2018. Vol. 11, No. 10. 2690.