

УДК 620.9:662.61.004.1

Єршов А.В.¹, Зеленіна О.А.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. лаб. НУ «Запорізька політехніка»

ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КІМНАТИ

Дефіцит палива та його подорожчання в усьому світі останніми роками сприяє пошуку шляхів економії тепла у житлових приміщеннях. Для отримання практичних рекомендацій бажано мати розрахунки складових теплового балансу, який відбувається між житловим приміщенням та зовнішнім середовищем у холодну пору року. Тому названу тему дослідження слід вважати актуальною.

Розглянемо тепловий стан кімнати багатоквартирного будинку. Будемо вважати, що тепловий потік підводиться двопластинчастим радіатором опалення та сонячним випромінюванням, а відводиться лише через зовнішню стіну з вікном та вентиляційний канал. Баланс енергії має вигляд

$$Q_p + Q_c = Q_{ст} + Q_v + Q_k, \quad (1)$$

де Q_p та Q_c – потужність радіатора опалення та сонячного випромінювання, яке надходить через вікно; $Q_{ст} + Q_v + Q_k$ – витрати енергії через зовнішню стіну, вікно та вентиляційний канал. Визначимо кожну складову балансу енергії, враховуючи, що виміряні температури кімнати та радіатора склали 20 °C та 45 °C, відповідно.

Потужність радіатора опалення визначалася з урахуванням конвективного та радіаційного теплоперенесення з нагрітої поверхні за формулою:

$$Q_p = \alpha S(tp - t) + 0,5 \varepsilon S \sigma (T_p^4 - T^4) = 390 + 119 = 509 \text{ Вт}, \quad (2)$$

де $\alpha = 5,6 + 4V = 7,6 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ – коефіцієнт тепловіддачі при висхідній швидкості повітря $V = 0,5 \text{ м/с}$; $S = 2 \text{ м}^2$ – загальна нагрівальна поверхня двопластинчастого радіатора; $tp = 45 \text{ °C}$ – виміряна температура радіатора; $t = 20 \text{ °C}$ – температура кімнати; $\varepsilon = 0,78$ – ступінь чорноти радіатора, покритого масляною фарбою; σ – стала Стефана-Больцмана. Враховано, що зовнішня випромінювальна поверхня двопластинчастого радіатора удвічі менша за його загальну нагрівальну поверхню.

Витрати тепла через кондуктивну теплопровідність зовнішньої стіни:

$$Q_{cm} = S_{cm} \cdot \lambda \cdot \Delta t / \Delta b = 150 \text{ Вт}, \quad (3)$$

де $S_{cm} = 8 \text{ м}^2$ – площа поверхні зовнішньої стіни; $\lambda = 0,75 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ – теплопровідність стіни з цегли; $\Delta t / \Delta b = 25 \text{ К/м}$ – градієнт температури у стіні товщиною 0,8 м при різниці температур $\Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Вважалося, що зовнішня температура складала $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Витрати тепла через вікно площею $S_v = 3 \text{ м}^2$ враховували потік теплопередачі та променеву складову:

$$Q_v = S_v \cdot [K \cdot \Delta t_o + \varepsilon \sigma (T_k^4 - T_z^4)] = 198 + 109 = 307 \text{ Вт}, \quad (4)$$

де $K = 3,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ – коефіцієнт теплопередачі для подвійного скла вікна; $\Delta t_o = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; T_k і T_z – температури кімнати та зовнішнього середовища в К; $\varepsilon = 0,3$ – приведена ступінь чорноти вікна:

$$\varepsilon = (1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1)^{-1}, \quad (5)$$

де $\varepsilon_1 = 0,5$ та $\varepsilon_2 = 0,5$ – ступені чорноти кімнати та зовнішнього середовища.

Приймаємо, що нагрів кімнати **сонячним випромінюванням** відбувається один день на тиждень протягом періоду $T_c = 3$ год і сонячні промені падають під середнім кутом до нормалі вікна $\alpha = 60^\circ$. Тоді середня потужність сонячного нагріву кімнати визначиться через сонячну сталу $R_c = 1,4 \text{ кВт/м}^2$ наступним чином:

$$Q_c = (T/24 \cdot 7) \cdot R_c \cdot S_v \cdot \cos \alpha = 50,3 \text{ Вт}. \quad (6)$$

Витрати тепла через вентиляційний отвір, що припадають на одну кімнату, складали четверту частину загальних витрат та визначалися за формулою:

$$Q_k = \rho V S_v C_p (T_k - T_z) / 4 = 69 \text{ Вт}, \quad (7)$$

де $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря; $V = 1,1 \text{ м/с}$ – швидкість повітря у критичному перерізі вентиляційної решітки площею $S_k = 10^{-2} \text{ м}^2$; $C_p = 10^3 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ – теплоємність повітря; $T_k - T_z = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ – різниця температур кімнати та зовнішнього середовища.

Інтегральний баланс енергії для нагріву кімнати:

$$Q_p + Q_c = 509 + 50,3 = 559,3 \text{ Вт}. \quad (8)$$

Витрати енергії, що призводять до охолодження кімнати:

$$Q_o = Q_{ст} + Q_v + Q_k = 150 + 307 + 69 = 526 \text{ Вт.} \quad (9)$$

Баланс енергії між нагрівом та охолодженням кімнати сходиться.
Висновки.

1. За результатами розрахунків отримано практично важливі складові теплового балансу. Визначено, що витрати енергії через вікно у два рази перевищують витрати через стіну кімнати, що робить актуальним додаткову теплоізоляцію вікна.

2. Енергія випромінювання через вікно складає біля 50% енергії потоку теплопередачі. Використання віконних штор зменшує теплове випромінювання вікна завдяки екрануванню.