

ТЕПЛОВТРАТИ ОБІГРІВАНИХ СХОДОВИХ ПРИМІЩЕНЬ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ МАСОВОЇ ЗАБУДОВИ

О Жуковський С.С., Довбуш О.М., Антонов Р., Забейда М., 2012

Наведено результати експериментальних досліджень розподілення температур межового зовнішнього повітря за висотою сходового приміщення (СП), перепаду тисків межового зовнішнього і внутрішнього повітря, а також барометричного тиску внутрішнього повітря. Експериментально визначено температурний градієнт СП, а також оцінено тепловитрати на некероване його вентилявання.

Ключові слова: тепловтрати, сходові приміщення.

The paper presents results of experimental research of the temperatures distributing of boundary external air for the vyote stairs room (SR), difference of pressures in the boundary external and internal air, and also barometric pressure of internal air. The temperature gradient of SR is experimentally determined, and also heat losses on its uncontrolled ventilation is astimated.

Key words: heat losses, stairs room.

Постановка проблеми. Одними за найбільших споживачів теплової енергії є об'єкти житлово-комунального господарства, насамперед житлові будинки масової багатоповерхової забудови, навчальні заклади, збудовані в часи малої вартості енергоресурсів тощо. Ефективність використання теплової енергії в них є малою, а тепловтрати, відповідно, значними. Зокрема, показник корисно використаної енергії для обігрівання різних типів житлових будинків у м. Львові становить близько $210 \text{ кВт}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$, що значно перевищує аналогічний показник в економічно розвинених європейських державах [1]. Відомим засобом зменшення трансмісійних тепловтрат є ефективно утеплення світлопрозорих зовнішніх огорожень, мінімізація площі світлопрозорих огорожень (вікон) і їх коефіцієнта теплопередачі.

Нетиповими за розмірами обігріваними приміщеннями будинку є сходові приміщення СП (“сходові клітки”), трансмісійні і додаткові тепловтрати яких можуть бути значними. Ці приміщення переважно мають велику поверхню застакління, а інколи є суцільно застакленими, хоча відомо, що навіть найефективніше вікно завжди є теплопровіднішими, ніж утеплена стіна. Окрім того, у сходових приміщеннях з нещільними зовнішніми огороженнями і потужними теплогерелами у вигляді обігрівачів цих приміщень виникає термічний тисковий потенціал, під дією якого зовнішнє повітря затікатиме у приміщення через отвори і нещільності його нижнього рівня, а тепле повітря витікатиме назовні через отвори і нещільності верхнього рівня. Великим конструкційним отвором сходової клітки є проріз відчинених (привідчинених) вхідних дверей. Очевидно, що за непередбаченого конструкційного вирішення вхідних дверей, наприклад, одинарні стулкові вхідні двері без тамбура і нещільні вікна СП та вхідні двері до помешкань, чи неправильної експлуатації СП (вбиті шибки вікон, нещільні або пошкоджені вхідні двері), значна кількість зовнішнього повітря затікатиме в СП і охолоджуватиме його і межові приміщення помешкань.

Отже, сходові приміщення є визначальними приміщеннями з погляду тепловитрат на їх обігрівання і неорганізоване вентилявання, а однозначні рекомендації щодо мінімізації цих тепловтрат конструкційними засобами відсутні. Відсутні й достовірні науково обґрунтовані методики визначення тепловитрат на некероване вентилявання СП, наприклад природне, через отвори і нещільності зовнішніх огорожень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінювання тепловтрат сходових приміщень у будинках масової багатоповерхової забудови наведено у [2]. Там зазначено, що за розрахункових умов ($t_v = 16\text{ }^\circ\text{C}$ і $t_{x.5}$) сумарні тепловтрати сходової клітки будинків серії 84 становлять 12,7 кВт, причому близько 70 % з них припадає на трансмісійні тепловтрати, а решта – на вентиляційні тепловтрати, причому не вказано, в який спосіб визначена частка витрат тепла на некеровану вентиляцію (інфільтрацію), зокрема і через проріз вхідних дверей та час перетікання повітря через цей проріз. Не проаналізовані основні чинники впливу на некероване вентилявання СП. Зазначено, що за відсутності заскління 6 % поверхні вікон СП його тепловтрати є на 7 кВт більшими за проектно визначені величини і рекомендовано насамперед заскління вікон.

Додаткові витрати тепла, власне вентиляційні тепловтрати, у відсотках до трансмісійних тепловтрат СП на нагрівання зовнішнього повітря, що затікає в СП під час короткочасного відчинення вхідних дверей у будинках будь-якого призначення (за винятком громадських будинків, готелів, гуртожитків [4]), рекомендовано приймати [3]:

за подвійних дверей без тамбура між ними – $100 \cdot n$, %; за подвійних дверей з тамбуром між ними – $80 \cdot n$, %; за одинарних дверей – $65 \cdot n$, %, де n – кількість поверхів. Отже, ці величини певною мірою пов'язані з висотою сходового приміщення (n – кількість поверхів), але не пов'язані визначально з тисковими впливами, які спричиняють перетікання повітря через СП протягом розрахункової години.

Аналогічні додаткові до трансмісійних тепловтрат витрати тепла на некероване вентилявання СП під час короткочасового відчинення вхідних стулчастих дверей та відсутності повітряного заслону згідно з [7] узалежнені від висоти будинку $H_{\text{буд}}$ (а не залежать від висоти СП, тобто $H_{\text{СП}}$) підвищувальним коефіцієнтом η :

- для потрійних дверей з двома тамбурами $h = 0,2 H_{\text{буд}}$;
- для подвійних дверей з тамбуром $h = 0,27 H_{\text{буд}}$;
- для подвійних дверей без тамбура $h = 0,34 H_{\text{буд}}$;
- для одинарних дверей $h = 0,22 H_{\text{буд}}$.

У громадських будинках часте відчинення дверей рекомендовано враховувати відсотковим додатком завбільшки 400...500 % від сумарних трансмісійних тепловтрат.

Годинні витрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, яке затікає у вестибюлі (холи) і сходові приміщення через вхідні двері за відсутності повітряно-теплових заслонів, рекомендовано також визначати за формулою [8]:

$$Q_{\text{вент}} = 0,7 \cdot b \cdot (H_{\text{буд}} + 0,8 \cdot N) \cdot (t_v - t_{x.5}), \quad (1)$$

де $H_{\text{буд}}$ – висота будинку, м; $N = \sum (m+1) \cdot r$ – кількість людей, які проходять через вхідні двері за годину, осіб; m – кількість кімнат у помешканні; r – кількість помешкань; b – коефіцієнт, який враховує кількість тамбурів: за одного тамбура (двоє дверей) $b = 1,0$; за двох тамбурів (трьох дверей) $b = 0,6$.

Однак у цій формулі не враховані безпосередньо фізичні чинники впливу на процес перетікання повітря через СП, а лише узалежнено тепловтрати від кількості людей, які проходять через двері (опосередковано враховано час відчинення дверей). Некоректним є пов'язання тепловтрат з висотою будинку, а не з висотою СП. Окрім того, не вказані засоби експериментального визначення тепловтрат СП з некерованою вентиляцією, а також якою є збіжність розрахунково визначених за формулою (1) тепловтрат з експериментально визначеними натурними величинами.

Мета і завдання дослідження. Виконання порівняльного оцінювання додаткових тепловтрат сходового приміщення (СП) на некероване його вентилявання під час затікання повітря через прорізи вхідних дверей і нещільності вікон; оцінювання впливу на трансмісійні тепловтрати температур межового шару зовнішнього повітря; дослідження тискових впливів на процес некерованого вентилявання СП.

Наукова новизна одержаних результатів. Для порівняльного аналізу трансмісійних та некерованих вентиляційних тепловтрат визначаємо розрахунково трансмісійні тепловтрати СП

блок-секції 9-поверхового будинку серії 84 (з великорозмірних керамзитобетонних сталевармованих панелей). Вікна одностулкові двошубкові у спільних дерев'яних рамах є малошільними у притулах. Вхідні двері одностулкові металеві доволі щільні. На вході в СП є виступний тамбур і внутрішні дерев'яні двостулкові двері.

Трансмісійні тепловтрати СП визначено за формулою [3]:

$$Q_{СП} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot A_i \cdot (t_B - t_3) \cdot n, \quad (2)$$

де k_i , A_i – відповідно коефіцієнт теплопередачі і розрахункові площі відповідних зовнішніх огорожень; t_B , t_3 – розрахункові температури відповідно внутрішнього і зовнішнього повітря; n – коефіцієнт, який враховує положення зовнішньої поверхні огороження щодо зовнішнього повітря (якщо зовнішня поверхня огороження безпосередньо контактує із зовнішнім повітрям $n = 1$, а в інших випадках – $n < 1$ [6]).

Трансмісійні тепловтрати СП за розрахункових умов становлять 11140 Вт.

Додаткові витрати тепла на нагрівання неорганізовано притічного зовнішнього повітря через вхідні двері за розрахункових умов:

- згідно з рекомендаціями [3, 4] становлять 982 Вт (8,8 % від розрахункових трансмісійних);
- згідно з рекомендаціями [7] за $H_{СП} = 25,4$ м вони дорівнюють 940 Вт (8,4 % від розрахункових трансмісійних);
- розраховані за формулою [1] становлять 3090 Вт (28 % від розрахункових трансмісійних).

Аналізуючи вищенаведені результати, бачимо, що величини додаткових тепловтрат відрізняються на 215 %. Отже, рекомендовані методики визначення додаткових тепловтрат потребують уточнення із врахуванням основних чинників впливу.

Заміряні психрометричним термометром температури межового шару зовнішнього повітря є змінними по висоті СП і тільки у найнижчому рівні відповідають температурі зовнішнього повітря поза межами цього шару ($t_a = -2,4$ °С під час замірів на рівні 1 м від поверхні землі і на відстані 10 м від будинку).

Трансмісійні тепловтрати СП за $t_a = -2,4$ °С і $t_B = t_{B,сер} = 16,9$ °С становлять 6140 Вт (на 44,9 % менше від трансмісійних тепловтрат за розрахункових умов), а аналогічні тепловтрати за відповідної t_B і $t_3 = t_{сер,ми} = -1,4$ °С становлять 5820 Вт, що на 47,8 % менше від трансмісійних тепловтрат за розрахункових умов ($t_B = 16$ °С і $t_3 = -19$ °С).

Сходові приміщення (СП) належать до високих приміщень, у нижньому рівні яких розміщені обігрівачі значної теплової потужності. Окрім того, теплота у них буде надходити від сусідніх обігріваних приміщень. Внаслідок теплонадходжень від теплогерел (обігрівачів, нагрітих поверхонь) у СП виникає вертикальне температурне розшарування внутрішнього повітря (рис. 1). Температури внутрішнього і межового зовнішнього повітря заміряли за допомогою психрометричного термометра з точністю до 0,1 °С.

Температурний градієнт внутрішнього повітря СП визначали за формулою

$$b_t = \frac{t_{B,ПСП} - t_{B,ППП}}{H_{СП} - 1,0}, \quad (3)$$

де $t_{B,ПСП}$ і $t_{B,ППП}$ – температури відповідно пристельового і припідлогового просторів СП, °С; $H_{СП}$ – висота сходового приміщення від його нульового рівня до стелі, м.

Експериментально визначена величина b_t сходового приміщення приблизно дорівнює 0,25.

Заміряний за допомогою пневмометричної трубки і різницевого мікроманометра ММН-240 перепад надлишкових статичних тисків межового зовнішнього і внутрішнього повітря зображений у вигляді епюри на рис. 1. При цьому фіксувався надлишковий статичний тиск зовнішнього

повітря, спричинений термічним розшаруванням межового зовнішнього повітря внаслідок дії вертикально скерованого конвекційного потоку, а також впливом вітру.

За відсутності вітру виникає лише потенціал термічних тисків межового зовнішнього і температурно пошарованого внутрішнього повітря, величину якого наближено можна визначити за формулою

$$\Delta p_{t,i} = H_i \cdot (r_{z,cep} - r_{в,cep}) \cdot g, \text{ Па}, \quad (4)$$

де $r_{z,cep}$, $r_{в,cep}$ – густини відповідно межового зовнішнього повітря і внутрішнього повітря за усереднених по висоті H_i температур, кг/м^3 ; H_i – вертикальна (прямовисна) відстань між центрами повітропритічних і повітровитічних отворів, м; g – прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Заміряні за допомогою психрометричного термометра температури межового зовнішнього і внутрішнього повітря вказані на рис. 1. Як бачимо з цього рисунка, вони зростають з висотою і змінюються в межах: зовнішнього повітря – від $-2,2^\circ\text{C}$ до $-0,2^\circ\text{C}$, а внутрішнього повітря – від $13,8$ до $15,6^\circ\text{C}$:

$$r_{в,cep} = \frac{353}{273 + t_{в,cep}} = \frac{353}{273 + 14,9} = 1,226 \text{ кг/м}^3; \quad r_{z,cep} = \frac{353}{273 + t_{z,cep}} = \frac{353}{273 - 1,6} = 1,301 \text{ кг/м}^3.$$

Тоді розрахунковий максимально можливий термотисковий потенціал становитиме $\Delta p_t = 25,4 \cdot (1,301 - 1,226) \cdot 9,806 = 18,7 \text{ Па}$.

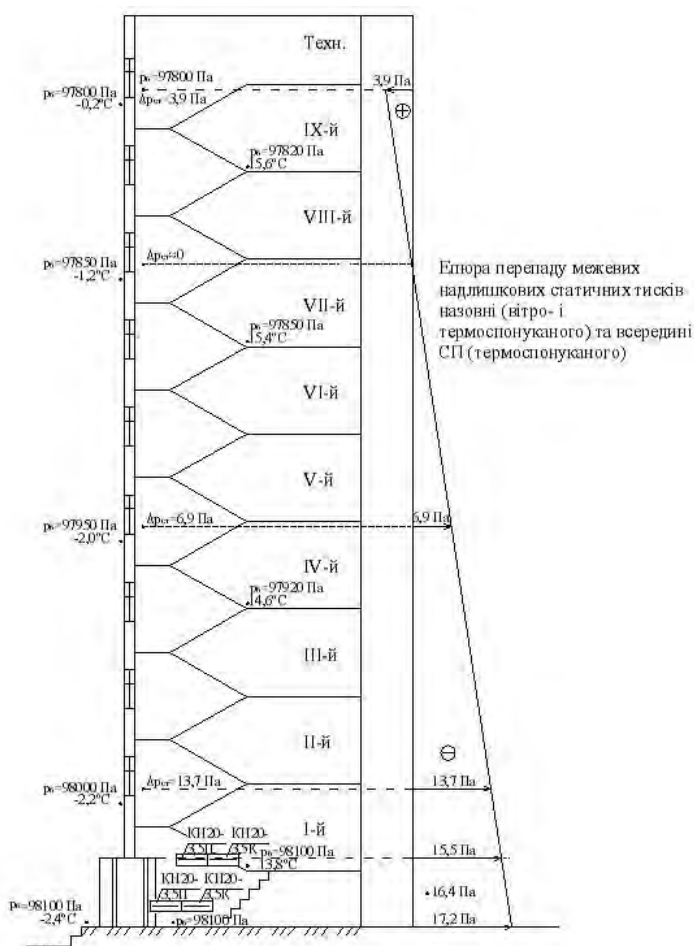


Рис. 1. Схема розрізу сходового приміщення блок-секції №1 житлового 9-поверхового будинку серії 84 по вул. Чукаріна 20 (експериментальні заміри температур внутрішнього і межового зовнішнього повітря і перепадів статичних тисків проведені 11.03.2010):

$t_{в}$ – температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$; $P_{в}$ – барометричні тиски повітря, Па; Δp – перепад надлишкових статичних тисків внутрішнього і межового зовнішнього повітря, Па; $H_{СП} = 25,4 \text{ м}$

Епюру розподілення швидкостей повітря у прорізі зовнішніх одностулкових дверей, заміряних крильчастим анемометром за повністю відчинених входних дверей, зображено на рис. 2.

Годинна витрата повітря через повністю відчинений проріз входних одностулкових зовнішніх дверей за погано ущільнених вікон за середньої швидкості повітря 5 м/с становить 7036 кг/год. Якщо прийняти, що двері повністю відчинені упродовж 5 хв на годину (витрата повітря 5860 кг/год), то тепловитрати на нагрівання повітря становлять 2690 Вт (тобто близько 24 % від трансмісійних).

Якщо входні двері відкриті частково або повністю, то за погано ущільнених вікон тепловитрати на некероване вентилявання СП можуть в кілька разів перевищувати трансмісійні тепловитрати. Це саме спостерігатиметься за вибитих або погано ущільнених шибок вікон.

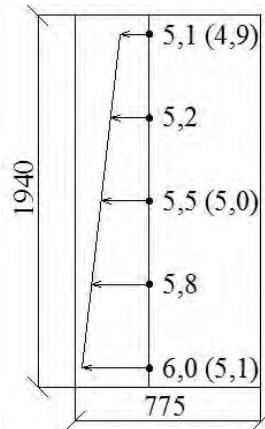


Рис. 2. Розміри прорізу відчинених зовнішніх входних дверей з епюрою розподілення експериментально заміряних швидкостей за внутрішніх, повністю відчинених дверей тамбура (без дужок вказані заміряні швидкості, а в дужках – визначені за заміряними величинами $\Delta v_{ст}$)

Висновки. Для мінімізації тепловитрат на некероване вентилявання сходових приміщень їхні вікна мають бути ущільненими, а входні двері виконані з тамбуром (шлюзою) між ними, оскільки в іншому випадку ці тепловитрати можуть збільшитись кількаразово під дією термо- і вітроспонуканих тисків:

1. За доброго конструкційного виконання огорожень сходових приміщень на стадії проектування багатопверхових житлових будинків масової забудови тепловитрати на некероване їх вентилявання доцільно приймати близько 30 % від трансмісійних тепловитрат СП.
2. Експериментально визначений температурний градієнт СП становить приблизно 0,25.

1. Тімме К., Г. Люкінг, Г. Меессен, Я. Чопин. Теплоенергетичний потенціал у житловому господарстві Львова // Ринок інсталяцій. – 1998. – №9. – С. 22–24. 2. Юркевич Ю., Желих І. Оцінка надмірних тепловитрат через сходові клітки при багатопверховій забудові. – Львів, 2000. 3. Справочник по теплоснабженню и вентиляции. – 4-е изд., перераб. и доп. – Кн. I-я / Р. В. Щекин и др. – К.: Будівельник, 1976. – 416 с. 4. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства: в 2-х ч. / под ред. И. Г. Старовойтова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ч.1: Отопление, водопровод, канализация. – М.: Стройиздат, 1975. – 429 с. 5. Герикович В. Ф. Пособие по проектированию водяного отопления к СНиП 2.04.05.91 “Отопление, вентиляция и кондиционирование”. – К., 1991. 6. СНиП II-3-79**,: Строительная теплотехника. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1986. 7. Богословский В. Н., Сканава А. Н. Отопление: учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с. 8. Щербатюк Б.І. Енергоощадні системи опалення будинків: навч. посіб. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2003. – 112 с.