

максимуму в точці, коли тривалість дощу дорівнює розрахунковій, різко падає за рахунок зменшення інтенсивності дощу, після чого вирівнюється і асимптотично прямує до одиниці. Тобто під час тривалого дощу витрата стічних вод в розрахунковому перерізі дорівнює добутку витрати дощових вод у певний момент часу і середнього коефіцієнта поверхні стоку. Максимальне значення приведенного коефіцієнта стоку для радіальної моделі ( $\psi/z_{mid} = 5,35$ ) значно перевищує відповідне значення для лінійної моделі ( $\psi/z_{mid} = 3,45$ ).

**Висновок.** У роботі розглянуто і проаналізовано три моделі концентрації поверхневого стоку: відомі раніше нормативна та лінійна модель, а також запропонована авторами радіальна модель. Показано, що гідрограф припливу для радіальної моделі концентрації стоку істотно відрізняється від гідрографів, побудованих на основі двох інших моделей. Розрахункова витрата дощових стічних вод у цьому перерізі для радіальної моделі концентрації стоку на 55 % більша, ніж для лінійної і на 58...75 % більша, ніж для нормативної відповідно до [3]. Гідрограф припливу, побудований за радіальною моделлю, якісно та кількісно відрізняється від аналогічних гідрографів для лінійної та нормативної моделей.

1. *Отведение и очистка поверхностных сточных вод: Учеб. пособие для вузов / В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев. — Л., 1990.* 2. *Молоков М.В. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных предприятий. — М., 1977.* 3. *СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. — М., 1986.* 4. *Каличун В.И. Водоотводящие сети и сооружения. — М., 1987.*

УДК 697.9 (075.8)

С. Жуковський

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

## ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАГАЛЬНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ

© Жуковський С., 2004

**Common ventilation of rooms is characterized by indexes (coefficients): of common ventilation efficiency; of air exchange efficiency; of efficiency in serviced area (working area); of thermal efficiency. Pointed values of these indexes for three universal idealized schemes of air flow through the room: flow under extra press; of full jets flow; of jets ejective flow.**

**Постановка проблеми.** Дотепер було прийнято оцінювати ефективність (якість) загальної вентиляції повітрообміном (кратністю повітрообміну) [1, 2 тощо]. Ця величина є загальноінформаційною, оскільки не враховує ні виду вентиляції, який залежить від особливостей повітроподілення і його впливу на мікроклімат зони обслуговування (робочої зони, РЗ), ні схеми перетікання повітряних потоків (повітря) через приміщення. Отже, внаслідок вентиляювання настає рівномірне перемішування внутрішнього повітря і, відповідно, вирівнювання температури та концентрації забрудників, але здебільшого на практиці такий ефект відсутній.

Завданням загальної вентиляції є дві основні цілі:

- забезпечення розподілення притікального повітря, якщо можливо, без змін його складу (чистоти) і температурно-вологісних параметрів, безпосередньо в зону обслуговування (ЗО) чи РЗ;

- з погляду розміщення джерел виділень забрудників в приміщенні, притікальне повітря належить розподіляти в такий спосіб, аби теплові конвективні потоки і інші забруднювальні речовини якомога швидше покинули ЗО чи РЗ і, рухаючись найкоротшим шляхом, попадали в отвори систем витікальної вентиляції.

Тобто ефективність загальної вентиляції повинна оцінюватись з погляду її можливостей щодо забезпечення температурних умов і вмісту концентрації забрудників у внутрішньому повітрі ЗО чи РЗ на нормативному рівні.

**Аналіз останніх досліджень.** Термічну якість вентиляції сьогодні оцінюють температурою внутрішнього повітря в зоні обслуговування чи в робочій зоні приміщення, а її якість щодо забруднення внутрішнього повітря — гранично допустимою концентрацією шкідливої речовини [1, 2, 12, 15]. За цими величинами можна оцінити лише якість функціонування вентиляції приміщень, а використати їх на стадії проектування і для порівняльного аналізу не можна.

**Задачі досліджень.** Метою роботи є визначення показників ефективності загальної вентиляції та їх граничних значень залежно від основних чинників впливу: кратності повітрообміну; схеми перетікання повітря через приміщення; часу перебування повітря в приміщенні; концентрацій забрудника і температур повітря притікального, витікального і зони обслуговування (робочої зони).

**Результати досліджень.** Очевидно, що на ефективність загальної вентиляції, зокрема і в ЗО (РЗ), впливають: теплова напруга приміщення (із урахуванням кількості теплоти, що переміщується повітряними потоками систем притікально-витікальної місцевої вентиляції); середня концентрація забрудника у внутрішньому повітрі (із урахуванням кількості забрудника, що переміщується повітряними потоками систем притікально-витікальної місцевої вентиляції); повітрообмін; особливості повітророзподілення і схема перетікання повітря через приміщення; час перебування повітря і його забрудника в приміщенні (в його ЗО чи РЗ). Для визначення показників (коефіцієнтів) ефективності загальної вентиляції проаналізовано різні можливі варіанти перетікання повітря через приміщення і зведено їх до трьох узагальнюючих ідеалізованих схем (рис. 1):

- випирального перетікання (вентиляція випиральна і перемішувальна);
- струминного повного розбавлювального перетікання (вентиляція розбавлювальна);
- струминного ежекційного перетікання (вентиляція струминна).

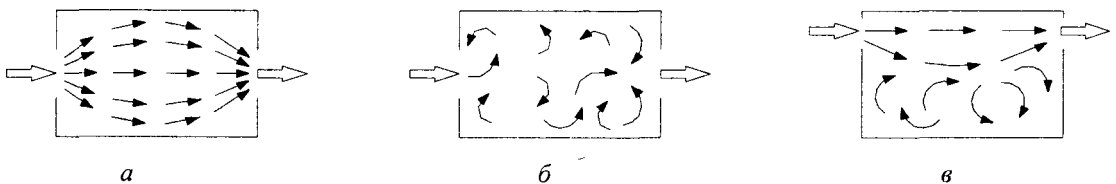


Рис. 1. Ідеалізовані схеми перетікання повітря через приміщення:  
 а — випиральне перетікання; б — струминне повне розбавлювальне перетікання;  
 в — струминне ежекційне перетікання

Нехай:

**кратність повітрообміну**

$$K = \frac{L_{\text{пр.1}}}{V};$$

**номінальна часова стала**

$$\tau_n = \frac{1}{K}, \quad (1)$$

де  $\dot{K}$  — кратність повітрообміну, год<sup>-1</sup> або с<sup>-1</sup>;  $V$  — внутрішній об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;  $\tau_n$  — номінальна часова стала, год або с;  $L_{пр.1}$  — витрата притікального повітря, м<sup>3</sup>/год або м<sup>3</sup>/с ( $L_{пр.1} = L_{вит.1}$ , де  $L_{вит.1}$  — витрата витікального повітря).

**Номінальна часова стала** є найкоротшим часом з можливого часу перебування повітря в приміщенні. Час перебування повітря в приміщенні дорівнює проміжку часу між притіканням повітря в приміщення і його витіканням з нього.

Час перебування повітря в приміщенні, у разі ідеального **випирального перетікання** повітря через нього (рис. 1, а), дорівнює номінальній часовій сталій

$$\tau_{r,v} = \tau_n,$$

де  $\tau_{r,v}$  — реальний час перебування повітря в приміщенні, год або с.

За **струминного повного розбавлювального перетікання** повітря (рис. 1, б), час його перебування в приміщенні є вдвічі довшим:

$$\tau_{r,v} = 2 \cdot \tau_n.$$

У разі **струминного ежекційного перетікання** повітря (рис. 1, в) час його перебування в приміщенні (деяких його зонах) може багаторазово перевищувати номінальну часову сталу  $\tau_n$ .

Отже, **випиральне перетікання** повітря “знизу—догори” є найкращим, оскільки реальний час перебування повітря в приміщенні є найкоротшим і прохолодніше притікальне повітря, ніби поршнем, швидко випирає теплі конвективні потоки у верхню зону приміщення, де вони через отвори витікальної вентиляції переміщуються поза внутрішній об'єм приміщення. Очевидно, що у такому разі повітрообмін приміщення буде найменшим, а якість повітря в ЗО чи РЗ найкращою. У разі реального випирального перетікання повітря, наприклад, при застосуванні повітророзподільників для затоплення робочої зони [3—5], повітрообмін приміщення буде дещо більшим, але істотно меншим порівняно із застосуванням інших схем перетікання повітря через приміщення.

Очевидно, що найгіршим випадком струминного перетікання є варіант струминного ежекційного перетікання через верхню зону приміщення, що зображений на рис. 1, в, адже в цьому разі, навіть за максимального повітрообміну, притікальне повітря тільки опосередковано впливає на температурні умови в ЗО чи РЗ. Покращити температурні умови в ЗО (РЗ), за зменшеного повітрообміну, можна за рахунок руху притікальних струменів похило в напрямку ЗО (РЗ).

За струминного повного розбавлювального перетікання “зверху—вниз” асимілюються всі теплотадишки, вирівнюється температура і концентрація забрудника внутрішнього повітря, але для цього потрібні значно більші повітрообміни порівняно з іншими схемами перетікання повітря.

Відношення номінального (найкоротшого) до реального часу перебування повітря в приміщенні назвемо **показником (коефіцієнтом) ефективності повітрообміну**  $\eta_k$ :

$$\eta_k = \frac{\tau_n}{\tau_{r,v}}. \quad (2)$$

Для ідеалізованих схем перетікання повітря через приміщення:  $\eta_k = 1$  — при ідеальному випиральному перетіканні повітря знизу—догори;  $\eta_k = 0,5$  — при струминному повному розбавлювальному перетіканні;  $0 < \eta_k < 0,5$  — при струминному ежекційному перетіканні. За реальних схем перетікання повітря через приміщення:  $0,5 \ll \eta_k < 1$  — при фактичному випиральному

перетіканні;  $\eta_k \approx 0,5$  — при струминному розбавлювальному перетіканні;  $0 < \eta_k \ll 0,5$  — при струминному ежекційному перетіканні.

**Показник (коефіцієнт) ефективності повітрообміну**, який визначений за допомогою часу перебування повітря в приміщенні, мало характеризує процес перетікання повітря через внутрішній об'єм приміщення і ніяк не характеризує ЗО чи РЗ. Для цього потрібні локальні характеристики.

**Нехай молодий вік повітря  $\tau_v$  дорівнює половині реального часу його перебування в приміщенні, тобто**

$$\tau_v = 0,5\tau_{r,v}.$$

**Тобто молодий вік повітря** дорівнює часу між притіканням його в приміщення і переміщенням до деякої точки Р (рис. 2). Чим повітря за віком є **молодшим**, тим воно є **чистішим**, оскільки до нього домішалось ще не дуже багато забрудників.

У зв'язку з цим  $\eta_k$  можна подати у вигляді:

$$\eta_k = \frac{\tau_n}{2 \cdot \tau_v}. \quad (3)$$

Знайти вік повітря в певній точці внутрішнього простору приміщення, а також експериментально визначити кратність повітрообміну  $K$  і показник ефективності повітрообміну  $\eta_k$  можна за методами радіоактивного індикатора [6] і **слідових концентрацій** маркерного газу [7—11].

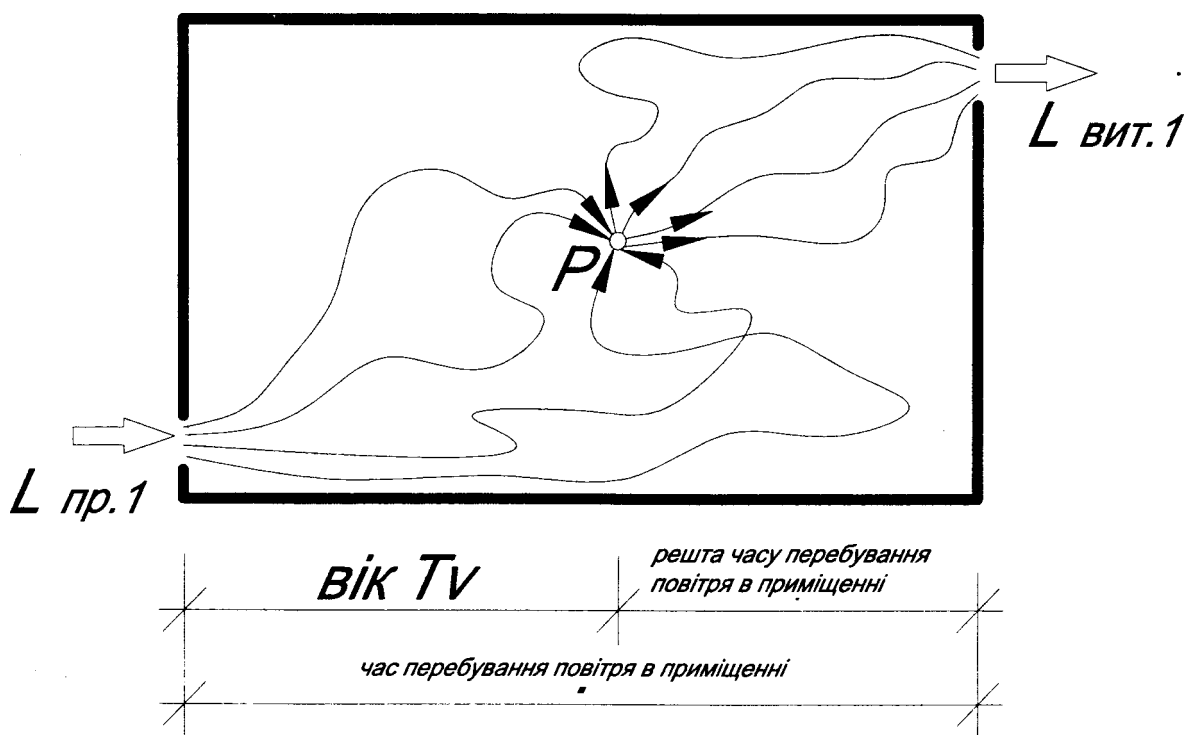


Рис. 2. Уявні ймовірно можливі лінії течії повітряних потоків до точки Р у внутрішньому просторі приміщення і від неї та графічне представлення віку повітря і часу його перебування в приміщенні при притікально-витікальній загальній вентиляції:  $L_{пр.1}$  — витрата притікального повітря;  $L_{вит.1}$  — витрата витікального повітря ( $L_{пр.1} = L_{вит.1}$ )

Згідно з [7—11] як маркерні гази застосовують кисень, гази  $SF_6$ ,  $CO_2$  і найчастіше  $NO_2$  (розвеселювальний газ). До початку увімкнення СВ в роботу індикатор або маркерний газ повинен

бути добре перемішаний з внутрішнім повітрям. Треба враховувати, що метод слідових концентрацій застосовують тільки в спеціальних випадках, оскільки сьогодні він є дорогим.

Для описання переміщення забрудника поза межі приміщення скористаємось рис. 3.

Окрім попередньо вжитого поняття *номінальної часової сталої*  $\tau_n$  (придатна для оцінювання кратності повітрообміну), для оцінювання середнього часу, який потрібний для переміщення частинки забрудника від джерела її виділення до отвору системи витікальної вентиляції, застосуємо поняття *часу обміну*  $\tau_1$ :

$$\tau_1 = \frac{M}{\dot{m}} \quad (4)$$

молодий вік повітря  $T_v$

де  $M$  — сумарна маса частинок забрудника у внутрішньому повітрі, г;  $\dot{m}$  — масова продуктивність джерела забрудника, г/год або г/с.

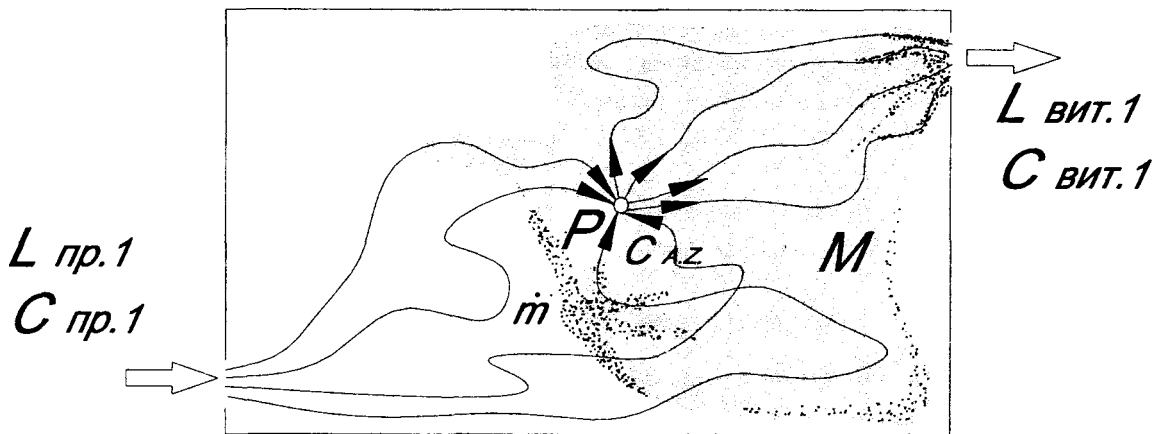


Рис. 3. Уявні ймовірно можливі лінії течії повітряних потоків та переміщення ними забрудника до певної точки  $P$  у внутрішньому просторі приміщення:

$L_{\text{пр.1}}, L_{\text{вит.1}}$  — витрата притікального і витікального повітря ( $L_{\text{пр.1}} = L_{\text{вит.1}}$ );

$C_{\text{пр.1}}, C_{\text{вит.1}}$  — концентрації забрудника відповідно в притікальному і витікальному повітрі;

$C_{A.Z}$  — концентрація забрудника в т.  $P$  внутрішнього простору приміщення (наприклад в центрі зони обслуговування);  $M$  — сумарна маса частинок забрудника у внутрішньому повітрі;

$\dot{m}$  — масова продуктивність джерела виділень забрудника

Знаючи  $M$  і внутрішній об'єм приміщення  $V$ , середню концентрацію забрудника у внутрішньому повітрі визначимо за формулою

$$C_{\text{в.сер}} = \frac{M}{V}, \text{ г/м}^3 \quad (5)$$

а середню концентрацію забрудника у витікальному повітрі

$$C_{\text{вит.1}} = \frac{\dot{m}}{L_{\text{вит.1}}}, \text{ г/м}^3. \quad (6)$$

Скориставшись (5) і (6), за умови  $L_{\text{пр.1}} = L_{\text{вит.1}}$  і прийнявши  $\tau_n = \frac{V}{L_{\text{пр.1}}}$ , отримуємо

$$\frac{C_{\text{вит.1}}}{C_{\text{в.сер}}} = \frac{V \cdot \dot{m}}{L_{\text{пр.1}} \cdot M} = \tau_n \cdot \frac{\dot{m}}{M}. \quad (7)$$

З рівнянь (4) і (7) одержуємо *показник ефективності загальної вентиляції*  $\eta_V$ :

$$\eta_V = \frac{C_{\text{вит.1}}}{C_{\text{в.сер}}} = \frac{\tau_n}{\tau_t^*}. \quad (8)$$

Отже, *показник ефективності загальної вентиляції* — це відношення середньої концентрації забрудника у витікальному повітрі  $C_{\text{вит.1}}$  до середньої концентрації забрудника у внутрішньому повітрі  $C_{\text{в.сер}}$ . Час обміну  $\tau_t^*$  визначають аналогічно, як і час перебування повітря в приміщенні  $\tau_{t,V}$ . Числові значення величини  $\eta_V$  можуть змінюватися від нуля до нескінченності, а коефіцієнта ефективності повітрообміну  $\eta_k$  в межах від 0 до 1.

*Показник ефективності загальної вентиляції*  $\eta_V$  характеризує її здатність до переміщення (транспортування) забрудника поза внутрішній об'єм приміщення.

За повного рівномірного перемішування забрудника з внутрішнім повітрям маємо  $\tau_t^* = \tau_n$ , а отже  $\eta_V = 1$  (причому  $\eta_k = 0,5$ ).

Якщо частинки забрудника є важчими від внутрішнього повітря і їх важко переміщувати (транспортувати) до отвору системи витікальної вентиляції, то час обміну  $\tau_t^*$  є більшим за номінальну часову сталу  $\tau_n$  ( $\tau_n = \frac{1}{K}$ ), а ефективність загальної вентиляції зменшується і становить  $\eta_V < 1$ . *При випиральному перетіканні*  $\eta_V > 1$ .

Щоб уникнути числових величин, що перевищують одиницю при розрахунках величини  $\eta_V$ , скористаємось поняттям *відносного показника ефективності загальної вентиляції*  $\bar{\eta}_V$ :

$$\bar{\eta}_V = \frac{\eta_V}{1 + \eta_V}, \quad (9)$$

причому  $0 < \bar{\eta}_V < 1$ .

*Показник ефективності загальної вентиляції в ЗО чи РЗ*  $\eta_C$  можна визначити за відомою формулою:

$$\eta_C = \frac{C_{\text{в}} - C_{\text{пр.1}}}{C_{\text{вит.1}} - C_{\text{пр.1}}}, \quad (10)$$

де  $C_{\text{в}}$ ,  $C_{\text{пр.1}}$ ,  $C_{\text{вит.1}}$  — концентрації забрудника, відповідно, у внутрішньому повітрі ЗО (РЗ), притікальному і витікальному повітрі.

Отже, для ідеалізованих схем перетікання повітря через приміщення (рис. 1) маємо:

- за струминного повного розбавлювального перетікання (рис. 1, б), коли  $C_{\text{вит.1}} = C_{\text{в}}$ ,  $\eta_C = 1$ ;
- у разі ідеального випирального перетікання, коли  $C_{\text{в}} = C_{\text{пр.1}}$ ,  $\eta_C = 0$ ;
- при струминному ежекційному перетіканні, коли  $C_{\text{вит.1}} > C_{\text{в}}$ ,  $0 < \eta_C < 1$ , але він не оцінює якості повітря в РЗ (за деяких реальних схем струминного ежекційного перетікання в зоні обслуговування чи окремих її об'ємах  $C_{\text{в}}$  може перевищувати  $C_{\text{вит.1}}$ ).

Очевидно, що для реальних схем випирального, струминного розбавлювального і ежекційного перетікання повітря через приміщення значення  $\eta_c$  будуть відрізнятися від вищевказаних, але за значенням наближатись до них.

У [12, 13]  $\eta_c^*(k_c)$  називають коефіцієнтом повітрообміну за надлишками концентрації забрудника (шкідливої речовини). Його значення пов'язують зі способом повітророзподілу в приміщеннях із незначними надлишками явної теплоти (табл. 6.2 [12]) і рекомендують визначати за формулою

$$\eta_c^* = \frac{C_{\text{вит.1}} - C_{\text{пр.1}}}{C_{\text{в}} - C_{\text{пр.1}}} = \frac{C_{\text{вит.1}} - C_{\text{пр.1}}}{\text{ГДК} - C_{\text{пр.1}}},$$

де ГДК — гранично допускна концентрація забрудника у внутрішньому повітрі зони обслуговування (ЗО) чи робочої зони (РЗ).

Аналіз цієї формули показує:  $\eta_c^* = 1$  за струминного повного розбавлювального перетікання, коли  $C_{\text{вит.1}} = \text{ГДК}$ ; у разі ідеального випирального перетікання  $\eta_c^*$  за значенням максимальний, а його верхня межа наближається до нескінченності; у разі струминного ежекційного перетікання  $\eta_c^*$  за значенням мав би займати проміжні значення між одиницею і максимумом.

Аналіз значень  $\eta_c^*$ , які подані в табл. 6.2 [12], вказує на наявність величин  $\eta_c^* < 1$ , що викликає сумніви щодо їх достовірності.

Якщо значення  $\eta_c$ ,  $\eta_v$  і  $\eta_k$  визначити експериментально для виділень забрудників, які легші і важчі за повітря, при різних їх середніх концентраціях у внутрішньому повітрі і різних схемах перетікання повітря через приміщення (із врахуванням хоча б теплонапруги приміщення), то їх можна використати як на стадії проектування систем загальної вентиляції, так і для перевірки їх ефективності під час післямонтажних і пусканалагоджувальних робіт.

**Показник температурної (термічної) ефективності загальної вентиляції в ЗО (РЗ)  $\eta_t$**  доцільно визначати за відомою формулою [14, 15]:

$$\eta_t = m_t = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{пр.1}}}{t_{\text{вит.1}} - t_{\text{пр.1}}},$$

де  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{вит.1}}$ ,  $t_{\text{пр.1}}$  — температури повітря, відповідно, в ЗО (РЗ), витікального і притікального.

Отже, для ідеалізованих схем перетікання повітря через приміщення (рис. 1) маємо:

- при струминному повному розбавлювальному перетіканні повітря (рис.1, б), коли  $t_{\text{вит.1}} = t_{\text{в}}$ , величина  $\eta_t = 1$ ;
- у разі випирального перетікання “знизу-догори” (рис.1, а), коли  $t_{\text{пр.1}} = t_{\text{в}}$ ,  $\eta_t = 0$ ;
- у разі струминного ежекційного перетікання повітря (рис. 1, в)  $0 < \eta_t < 1$ .

Очевидно, що для реальних схем випирального, струминного розбавлювального і ежекційного перетікання повітря через приміщення значення  $\eta_t$  будуть відрізнятися від вищевказаних, але наближатись до них.

Якщо  $\eta_t(m_t)$  визначити експериментально для приміщень різного призначення із врахуванням основних чинників впливу (теплонапруга, повітрообмін та конкретна схема перетікання повітря через приміщення), то їх можна використати на стадії проектування так: розраховують надлишкові явні тепловиділення в приміщення від різних джерел; визначають теплонапругу приміщення; зважаючи на конструктивні особливості приміщення і будинку, а також набутий

практичний досвід, вибирають вид вентиляції і схему перетікання повітря через приміщення; за рекомендованою для подібних приміщень кратністю повітрообміну та іншими вищезазначеними чинниками приймають табличне значення  $\eta_1$ ; реальне значення  $\eta_1$  визначають під час після-монтажних випробувань і налагодження передбачених систем загальної вентиляції і роблять висновок про температурну ефективність вентиляції приміщення.

Суть коефіцієнта  $m_1$  у літературі трактують по-різному:

- в [14]  $m_1$  називають *деяким коефіцієнтом, меншим від одиниці* (коефіцієнт  $m_1$  — дослідна величина, що не залежить від періоду року); констатують, що значення  $m_1$  може *не дуже точно* визначатись залежно від відношення площі, зайнятої технологічними печами (або іншими джерелами інтенсивного виділення конвективної теплоти), до загальної площі підлоги приміщення. Не наголошується на залежності  $m_1$  від теплонапруги приміщення, кратності повітрообміну і схеми перетікання повітря через приміщення;

- в [15]  $m_1$  називають *коефіцієнтом теплорозподілення* (теплорозподілу), який враховує частку надлишкової явної теплоти, що впливає на температуру повітря в РЗ приміщення. Коефіцієнт  $m_1$  рекомендується для визначення температури внутрішнього повітря у верхній (пристельовій) зоні приміщення, причому всі величини подано для якоїсь однієї узагальненої (“знизу—догори”), а не конкретної, схеми перетікання повітря; при струминному зосередженому повітророзподіленні рекомендується приймати  $m_1 = 0,8$  для всіх випадків (схем) перетікання повітря. Бачимо, що величина  $m_1$  не пов’язана з теплонапругою приміщення і кратністю повітрообміну, а подані величини  $m_1$  потребують уточнень навіть щодо пов’язаних з ними схем перетікання повітря;

- в [12, 13]  $m_1^*(k_1)$  називають *коефіцієнтом повітрообміну за надлишками теплоти*. Його значення пов’язують зі значними (табл. 6.1 [12]) і незначними (табл. 6.2 [12]) надлишками явної теплоти, з часткою тепловиділень в робочу зону (значення якої чомусь в багатьох випадках дорівнює одиниці (табл. 6.3 [12]), зі способом повітророзподілення і місцем витікання внутрішнього повітря (табл.6.3 [12]) і рекомендують визначати за формулою

$$m_1^* = \frac{t_{\text{вит.1}} - t_{\text{пр.1}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{пр.1}}}$$

Аналіз цієї формули показує:  $m_1^* = 1$  за струминного повного розбавлювального перетікання повітря, коли  $t_{\text{вит.1}} = t_{\text{в}}$ ; у разі ідеального випирального перетікання повітря  $m_1^*$  за величиною максимальний (нескінченність); у разі струминного ежекційного перетікання  $m_1^*$  за значенням мав би займати проміжні значення між одиницею і максимумом.

Аналіз значень  $m_1^*$ , які подані в табл. 6.2. і табл. 6.3 [12], вказує на наявність величин  $m_1^* < 1$ , що викликає сумніви щодо їх достовірності.

Однак бачимо, що і в [12, 13] величина  $m_1^*$  не пов’язана з теплонапругою приміщення і кратністю повітрообміну, хоча вона і пов’язана зі схемою перетікання повітря (табл. 6.3 [12]).

Оскільки згідно з [12, 13] числові значення  $m_1^*$  перевищують одиницю і їх важко аналізувати, для оцінювання температурної ефективності загальної вентиляції доцільно користуватись показником  $\eta_1$ .

#### **Висновки.**

1. Загальна вентиляція приміщень характеризується показниками (коефіцієнтами): ефективності загальної вентиляції  $\eta_v$ ; ефективності повітрообміну  $\eta_k$ ; ефективності в зоні обслуговування (ЗО) чи в робочій зоні (РЗ)  $\eta_c$ ; температурної (термічної) ефективності в ЗО чи (РЗ)  $\eta_t$ .



2. Показники ефективності загальної вентиляції залежать від: кратності повітрообміну; виду вентиляції і схеми перетікання повітря через приміщення; часу перебування повітря в приміщенні; концентрації забрудника у витікальному, внутрішньому і притікальному повітрі; температур витікального, внутрішнього і притікального повітря.

3. Показник ефективності загальної вентиляції  $\eta_v$  характеризується відношенням середньої концентрації забрудника у витікальному повітрі до середньої концентрації забрудника у внутрішньому повітрі, а його значення може змінюватись від нуля до нескінченності: за рівномірної концентрації забрудника у внутрішньому повітрі, яка забезпечується при струминному повному розбавлювальному перетіканні повітря,  $\eta_v = 1$ ; якщо частинки забрудника важчі за внутрішнє повітря, а його витікання передбачається із верхньої зони приміщення, то  $\eta_v < 1$ ; при випиральному перетіканні знизу—догори, за умови, що частинки забрудника легші від внутрішнього повітря, і зверху—вниз, коли частинки забрудника важчі від внутрішнього повітря,  $\eta_v > 1$ .

4. Показник ефективності повітрообміну  $\eta_k$  характеризує відношення номінального (найкоротшого) часу до реального часу перебування повітря в приміщенні, а його значення змінюється в межах від нуля до одиниці: при ідеальному випиральному перетіканні повітря знизу—догори  $\eta_k = 1$ ; при струминному повному розбавлювальному перетіканні повітря  $\eta_k = 0,5$ ; при струминному ежекційному перетіканні повітря  $0 < \eta_k < 0,5$ .

5. Показник ефективності загальної вентиляції в ЗО чи РЗ  $\eta_c$  характеризується відношенням різниці концентрації забрудника у внутрішньому повітрі ЗО (РЗ) і притікальному повітрі до різниці концентрацій забрудника у витікальному і притікальному повітрі, а його значення може змінюватись в межах від нуля до одиниці: у разі ідеального випирального перетікання повітря, коли концентрація забрудника у внутрішньому повітрі ЗО (РЗ) дорівнює його концентрації у притікальному повітрі,  $\eta_c = 0$ ; у разі струминного повного розбавлювального перетікання повітря, коли концентрації забрудника у витікальному і внутрішньому повітрі однакові,  $\eta_c = 1$ ; у разі струминного ежекційного перетікання повітря через приміщення,  $0 < \eta_c < 1$ .

6. Показник температурної ефективності загальної вентиляції  $\eta_t$  характеризується відношенням різниці температур внутрішнього повітря в ЗО (РЗ) і притікального повітря до різниці температур витікального і притікального повітря, а його величина може змінюватись від нуля до одиниці: у разі ідеального випирального перетікання повітря знизу—догори, коли температура внутрішнього повітря ЗО (РЗ) і притікального повітря однакові,  $\eta_t = 0$ ; у разі струминного повного розбавлювального перетікання повітря, коли температури витікального і внутрішнього повітря однакові,  $\eta_t = 1$ ; у разі струминного ежекційного перетікання повітря,  $0 < \eta_t < 1$ .

7. За реальних умов, тобто за певної кратності повітрообміну і схеми перетікання повітря через приміщення (виду вентиляції) показники ефективності вентиляції за значенням будуть наближатись до аналогічних показників, що визначені для ідеалізованих схем перетікання повітря через приміщення і вказані вище.

8. Табличні значення  $\eta_t$  [12—15] потребують уточнення, оскільки при їх визначенні не враховані основні чинники впливу та їх комплексність.

9. За значеннями  $\eta_t$  і  $\eta_c$ , що визначені під час післямонтажних випробувань і налагодження систем вентиляції, роблять висновок про ефективність загальної вентиляції в зоні обслуговування чи в робочій зоні.

10. Вказана в нормативно-довідковій літературі кратність повітрообміну [2] повинна пов'язуватись з відповідно конкретизованою схемою перетікання повітря через приміщення.

1. *Отопление и вентиляция / Учебн. для вузов. Ч. 2. Вентиляция / Под ред. В.Н. Богословского.* — М., 1976. 2. *Внутренние санитарно-технические устройства. Изд. 3-е. Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха: Справочник проектировщика / Под ред. И.Г. Старовойта.* — М., 1978. 3. Жуковский С.С., Щербатюк Б.И. Устройство для подачи приточного воздуха. АС № 1564478. Оубл. БИ 1990, № 18. 4. Щербатюк Б.И., Жуковский С.С., Мелик-Аракелян А.Т. Способ вентиляции производственного помещения. АС № 1566174. Оубл. БИ 1990, № 19. 5. Жуковский С.С., Щербатюк Б.И., Довбуш А.М. Устройство для подачи приточного воздуха. АС № 1753210. Оубл. БИ 1992, № 29. 6. Гусев А.А. и др. Изучение воздухообмена в помещениях методом радиоактивных индикаторов. "Водоснабжение и санитарная техника" № 6/1978. — С. 13—18. 7. Пустун Е.П., Теплюх З.Н., Жуковский С.С. Способ определения степени вентиляции салона транспортного средства. АС № 992246. Оубл. БИ 1983, № 4. 8. Skaret E.: Heizung und Luftung (HLH) nr 1/86. — S. 11—13. 9. Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC): Technical Note AIVC 21(7.87). 10. Raatschen W. Klima — Kälte — Heizung nr 5/88, s.269-270. 11. Presser K. H.: HLH nr 1/88. — S. 7—14. 12. Торговников Б.М., Табачник В.Е., Ефанов Е.М. Проектирование промышленной вентиляции / Справочник. — К., 1983. — 256. — с. 13. Рекомендации по выбору и расчету систем воздухораспределения. Серия АЗ-669. — М., 1979. 14. Молчанов Б.С. Проектирование промышленной вентиляции. (Пособие проектировщиков). Изд.2-е. — Л., 1970.. 15. Волков О.Д. Проектирование вентиляции промышленного здания. — Харків, 1989.

УДК 631.22 : 697.92

В. Лабай, В. Ярослав

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

## МЕТОДИКА ІНЖЕНЕРНОГО РОЗРАХУНКУ ПОДВІЙНОГО ВЕНТИЛЬОВАНОГО ПОВІТРЯНОГО ПРОШАРКУ В ПОКРИТТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО БУДИНКУ

© Лабай В., Ярослав В., 2004

**The simple method of engineering calculation of the double ventilated air space in the house roof of a poultry house for the cold season is presented in this article.**

**Постановка проблеми.** Відомі системи опалення і вентиляції сільськогосподарських будинків, зокрема птахівничих, за промисловою технологією утримання птиці в клітках характеризуються значним споживанням теплової та електричної енергії. На забезпечення потрібних параметрів мікроклімату за промислового виробництва яєць в умовах кліматичної зони Західної України витрачається близько 50...81 МДж теплової та 1,5...2,2 кВт · год електричної енергії на одну птицю на рік [1, 2]. Отже, проблема скорочення енергоспоживання систем забезпечення мікроклімату птахівничих приміщень є актуальною.

Можливим заходом з вирішення цієї проблеми є застосування для нового будівництва та реконструкції будинків сільськогосподарського призначення покриття з розташованим під ним подвійним щільним вентиляльованим повітряним прошарком [3]. Застосування вентиляльованого прошарку під покриттям сприяє видаленню вологи, зменшенню перегрівання конструкції покриття в теплий період року, і, відповідно, покращанню мікроклімату в приміщеннях будинку, підвищенню терміну служби конструкції. За розташування паралельно в подвійному вентиляльованому повітряному прошарку каналів припливного та витяжного повітря в холодний період року через загальну теплообмінну стінку утилізується значна частина теплоти витяжного повітря і відбувається підігрів-