УДК 697.9:621; 697:621

О.Т. Возняк
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра теплогазопостачання та вентиляції

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ЗАТУХАННЯ ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ ВЗАЄМОДІЄЮ ЗУСТРІЧНИХ НЕСПІВВІСНИХ СТРУМИН

© Возняк О.Т., 2010

Представлено результати дослідження взаємодії зустрічних неспіввісних струмин. Встановлено вплив взаємодії струмин на параметри результуючого повітряного потоку. Наведено розрахункові залежності, які дають можливість проектувати системи повітророзподілу із взаємодією зустрічних неспіввісних струмин.

In this article the results of opposed non-coaxial air jets junction investigations are presented.Influence of jets interaction on air distribution in a room has been determined.There are presented calculating equations that give a possibility to design air distribution system at air jets interaction.

У вентиляційній техніці часто виникає потреба подачі значної кількості повітря у приміщеннях невеликого об'єму для забезпечення нормованої швидкості руху повітря в обслуговуваній зоні. Це можна досягнути шляхом використання повітророзподільних пристроїв з низьким коефіцієнтом згасання швидкості m. Такі повітророзподілювачі мають високу початкову турбулізацію повітряного потоку.

Належної турбулізації повітряного потоку можна досягнути по-іншому, наприклад, використовуючи взаємодію струмин, а саме – ефект їхнього співударяння під деяким кутом α. Цей фактор доцільно застосовувати під час проектування повітророзподілу зосередженою подачею повітря з розміщенням припливних вентиляційних пристроїв поза зоною дії витяжних отворів.

У зв'язку з цим були проведені теоретичні та експериментальні дослідження.

Обґрунтуємо це явище теоретично, розглядаючи аспект взаємодії (співударяння) двох повітряних потоків під деяким кутом α (рис. 1) [1; 2]. Для оцінки ефекту такої взаємодії потоків скористаємось законом збереження імпульсу. При цьому приймемо припущення:

– течія є усталеною;
– струмини, які взаємодіють, є ізотермічними;
– напрям результуючої струмини визначається діагоналлю паралелограма, побудованого на векторах кількості руху $\overrightarrow{m_1 V_1}$ і $\overrightarrow{m_2 V_2}$.

За законом збереження імпульсу:

$$\overrightarrow{m_1 V_1} + \overrightarrow{m_2 V_2} = \overrightarrow{m_p V_p}. \qquad (1)$$

Виконуючи почленне ділення на час t і густину ρ та використовуючи теорему косинусів, переходимо до скалярних величин:

$$\left(L_p \cdot V_p\right)^2 = \left(L_1 \cdot V_1\right)^2 + \left(L_2 \cdot V_2\right)^2 - 2 \cdot \left(L_1 \cdot V_1\right) \cdot \left(L_2 \cdot V_2\right) \cdot \cos\left(180^0 - \alpha\right). \qquad (2)$$

З врахуванням $L_p = L_1 + L_2$ знаходимо результуючу початкову швидкість V_p:

$$V_p = \frac{\sqrt{(L_1 \cdot V_1)^2 + (L_2 \cdot V_2)^2 + 2 \cdot (L_1 \cdot V_1) \cdot (L_2 \cdot V_2) \cos\alpha}}{L_1 + L_2}, \qquad (3)$$

де L_1, L_2 і V_1, V_2 – відповідно витрата і середня швидкість повітряних струмин, що витікають, до їх взаємодії, а V_p – швидкість результуючого повітряного потоку після співударяння струмин.

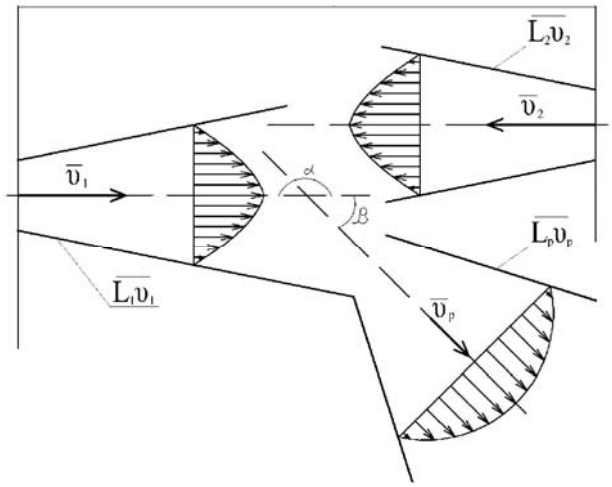

Рис. 1. Схема співударяння зустрічних неспіввісних струмин

Очевидним є факт, що напрям осі результуючого повітряного потоку внаслідок взаємодії струмин змінюється, відхиляючись на кут β, як показано на рис. 1. Визначаючи цей напрям, необхідно обчислити кут β. Для цього потрібно скористатися геометричною інтерпретацією, зокрема теоремою синусів:

$$\frac{\left|L_p \cdot V_p\right|}{\sin(180-\alpha)} = \frac{\left|L_2 \cdot V_2\right|}{\sin\beta}. \tag{4}$$

При цьому слід враховувати очевидні обмеження: $\alpha \neq 0^0$ та $\alpha \neq 180^0$, бо в іншому випадку знаменники в (4) перетворюються на нуль. Тобто формула (4) має вказані межі застосування.

Із врахуванням (3) отримаємо

$$\sin\beta = \sin\alpha \frac{L_2 \cdot V_2}{\sqrt{(L_1 \cdot V_1)^2 + (L_2 \cdot V_2)^2 + 2 \cdot (L_1 \cdot V_1) \cdot (L_2 \cdot V_2)\cos\alpha}}. \tag{5}$$

На підставі формули (5) необхідно відзначити:

– турбулізація повітряного потоку буде найефективнішою за $L_1 V_1 = L_2 V_2$ і $\alpha = 90^0$, в цьому частковому випадку напрям осі результуючої струмини $\beta = 45^0$;

– кут її відхилення залежить від трьох чинників: імпульсів струмин, що взаємодіють, і кута їх співударяння, тобто

$$\sin\beta = f\left(\alpha; (L_1 V_1); (L_2 V_2)\right); \tag{6}$$

– враховуючи пропорційний зв'язок величин L і V, можна записати

$$\sin\beta = f\left(\alpha; V_1^2; V_2^2\right); \tag{7}$$

– цікаво звернути увагу на частковий випадок за межами застосування залежності (4), а саме: $\alpha = 0^0$ та $\alpha = 180^0$. Зокрема, за $\alpha = 0^0$ є очевидним, що отримаємо $\beta = 0^0$, а за $\alpha = 180^0$ відповідно $\beta = 0^0$ або $\beta = 180^0$, залежно від числових величин швидкостей взаємодіючих повітряних потоків V_1 і V_2.

Матриця планування експерименту

№	x_1	x_2	x_3	y_i
1	+	+	+	y_1
2	-	+	+	y_2
3	+	-	+	y_3
4	-	-	+	y_4
5	+	+	-	y_5
6	-	+	-	y_6
7	+	-	-	y_7
8	-	-	-	y_8

Експериментальні дослідження були проведені відповідно до методики випробувань систем повітророзподілу [3; 4] за матрицею планування повного трифакторного експерименту, наведеною в таблиці. Як вхідні фактори x_1, x_2, x_3 вибрано величини α, V_1, V_2, а як функції відгуку y_i – результуючу швидкість V_p (3) та sin β (5).

Аналізуючи формулу (7), констатуємо, що можна досягти бажаного ступеня турбулізації і напряму руху результуючої струмини шляхом зміни кута взаємодії повітряних потоків та їх швидкостей. В теоретичних розрахунках та експериментальних дослідженнях розглядались швидкості V_1 = 1–3 м/с, V_2 = 1–3 м/с, $V_p \leq 5$ м/с, і кут співударяння струмин α = 0°–90°.

Поля швидкостей припливних струмин в точках, що фіксувались координатником, вимірювались термоелектроанемометром testo – 405 (0÷5 м/с).

Вимірювання проводились циклами не менш ніж двічі, а за розбіжності результатів понад 10 % проводились втретє з дотриманням рандомізації в часі. Крім того, вимірювання швидкості в кожній точці проводились протягом не менше як 120 с з дискретним (через 10 с) записом показів і подальшим їх усередненням. Витрата припливних струмин вимірювалась у припливному повітропроводі пневмометричною трубкою Піто-Прандтля (V>5 м/с).

Для прикладу на рис. 2 показано часткові результати експериментальних досліджень, де вказані поля швидкостей за взаємодії двох повітряних потоків за кута їх співударяння α = 45°. Варто зауважити, що для зручності читання рис. 2 вертикальне та горизонтальне мірила вибрані різними, тому зображення кута β містить спотворення.

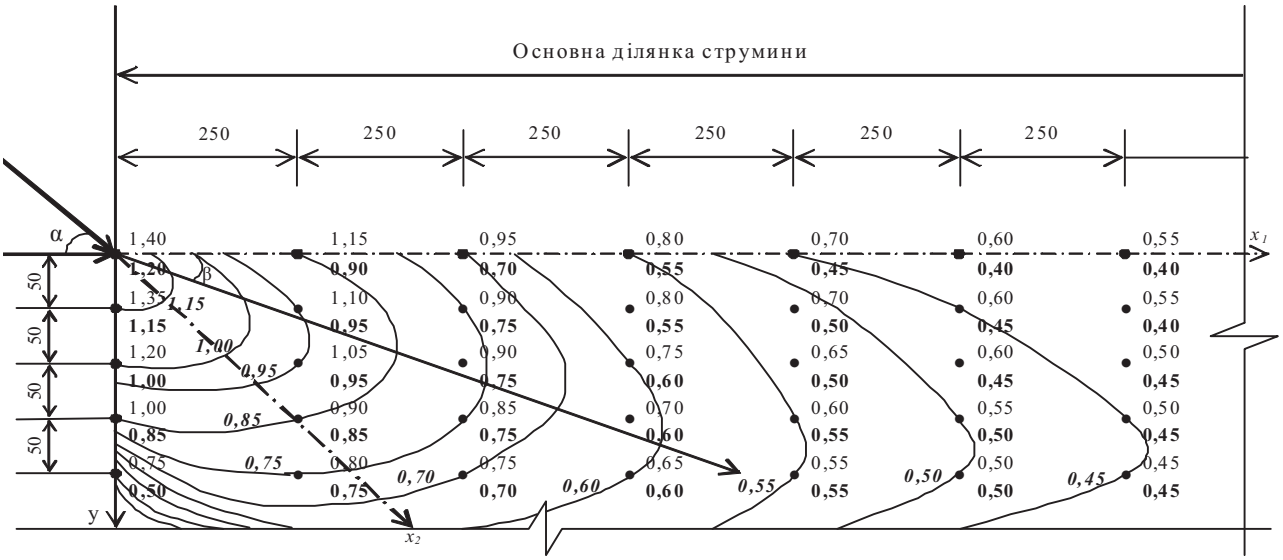

*Рис. 2. Поля швидкостей припливних струмин (цифри вгорі звичайним шрифтом – це швидкості під час витікання лише одного повітряного потоку L_1, цифри внизу **виділені курсивом** – це швидкості в результуючій припливній струмині L_p)*

Отримані ізотопи визначають напрям розвитку результуючого повітряного потоку.

Результати експериментальних досліджень свідчать:

– в кількісному відношенні вплив ефекту співударяння на ступінь турбулізації є істотним; для прикладу (рис. 2), за збільшення витрати повітря приблизно вдвічі швидкості в результуючому потоці зменшуються приблизно на 20 %;

– в певній області на основній ділянці струмини напрям осі результуючої струмини наближається до напряму потоку з більшою величиною імпульсу, а розрахункові формули (3) і (5) справедливі лише для цієї області на основній ділянці струмини;

– кут відхилення напряму осі результуючої струмини становить β ≈ 15°, а визначений за формулою (5) – β = 15 °;

– експериментальні і теоретичні результати стосовно початкової швидкості повітря в результуючій припливній струмині підтверджують правильність припущень та відповідність теорії експерименту (відносна похибка ε = 5 %).

Отже, отримані розрахункові залежності (3) і (5) дають змогу вибирати необхідні параметри повітряних потоків за їх взаємодії, визначати характеристики результуючої припливної струмини, а відтак проводити розрахунок повітророзподілу в приміщенні.

1. Абрамович Г.Н. Турбулентное смешение газовых струй. – М.: Наука, 1974. – 272 с. 2. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. – М.: Стройиздат, 1978. – 328 с. 3. Гримитлин М.И., Тимофеев О.Н., Эльтерман Р.М. и др. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов. – М.: Машиностроение, 1978. – 272 с. 4. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

УДК 624.012:620.193

Желих В.М.
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра теплогазопостачання та вентиляції

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОПАЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

© Желих В.М., 2010

Здійснено дослідження теплового режиму, створеного мікрокліматичним модулем з інфрачервоним випромінювачем для систем кліматизації тваринницьких комплексів, і зокрема, пташників.

Research of the thermal mode, created the microclimate module with an infra-red emitter for the thermal comfort systems of agricultural complexes on the example of poultry house is resulted in this article.

Вступ. Щорічне споживання енергії в агропромисловому комплексі України становить близько 12 млн. тонн умовного палива, або близько 4 % від загального об'єму енергоспоживання в Україні. З цієї кількості спожитої енергії світлі нафтопродукти становлять 71 %; природній газ – 12 %; електроенергія – 9,2 %; вугілля – 1,8 %; теплова – 0,8 %; дрова – 0,4 %; інші види енергії – 3,9 % [1]. Приблизно 1/3 всієї енергії витрачається для підтримання життєдіяльності сільськогосподарських комплексів, що є доволі значною часткою. Шляхи зменшення цих енергозатрат полягають у впровадженні нових технологій будівництва та запровадженні енергоощадних систем опалення.

Підтримання теплового стану в приміщеннях пташників, як правило, ґрунтується на повітряному опаленні [2, 3, 4]. Такі системи компенсують тепловтрати будівлі, але нагріте повітря створює конвективні течії, що є причиною нерівномірного розподілу температури в приміщенні. Птиця є дуже чутливою до зміни мікроклімату. Зниження температури повітря пташника на кожен градус порівняно з необхідною викликає збільшення споживання корму на 2…3 %. Крім температури й вологості, на фізіологічний стан птиці великий вплив має також швидкість руху повітря в приміщенні. Потік повітря повинен бути рівномірним, щоб у приміщенні не було протягів та зон із надмірними швидкостями повітря. Вирішення цих проблем є доволі складним, особливо під час використання схем із великим повітрообміном.