

**ВПЛИВ ВЗАЄМОДІЇ КОНВЕКТИВНОЇ І ЗАКРУЧЕНОЇ СТРУМИНИ
НА РЕЗУЛЬТУЮЧИЙ ПОВІТРЯНИЙ ПОТІК**

© Сухолова І.Є., Возняк О.Т., Миронюк Х.В., 2010

Подано результати розрахунків і побудовано графіки взаємодії конвективної і закрученої струмини.

Ключові слова: закручена струмина, конвективна струмина.

In this article presented the results of calculations of co-operation of convective and swirl air jets.

Keywords: air swirl air jet, convective air jet.

Вступ. Санітарно-гігієнічна та енергетична ефективність систем вентиляції і кондиціонування залежить від правильного вибору схеми організації повітрообміну і способу розподілу повітря. Важливим є вибір типу повітророзподільвача і місця його розташування. Температура припливного повітря також залежить від способу повітророзподілу.

Під час вибору схеми організації повітрообміну і способу розподілу повітря необхідно враховувати особливості приміщення, його призначення, конструктивні і об'ємно-планувальні особливості, розташування і розміри джерел теплоти, вологи, шкідливих газів, рівень вимог для підтримання розрахункових параметрів мікроклімату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із раціональних способів повітророзподілу є подача припливного повітря безпосередньо у робочу зону. Характерною властивістю таких припливних струмин є підвищена турбулентність порівняно із прямотечійними струминами [1–3].

Мета та завдання досліджень. Мета роботи – дослідити результуючий повітряний потік, що утворюється за взаємодії конвективної і закрученої струмин. Провести розрахунок полів швидкостей і полів надлишкових температур конвективного потоку. На основі отриманих розрахункових значень побудувати графічні залежності.

Розглянемо поперечний переріз конвективних повітряних потоків від горизонтальних джерел теплоти – результуючого потоку, що виходить з повітророзподільника (рис. 1).

Для аналітичного вираження профілів швидкостей і температур у перерізах конвективних потоків використані гіперболічні функції, справедливі для плоских потоків вільної і вимушеної конвекції.

$$u = u_{\max} ch^{-2}l ; \quad (1)$$

$$\Delta t = \Delta t_{\max} ch^{-1}l , \quad (2)$$

де u_{\max} – максимальна швидкість повітря у перерізі, що розглядається; Δt_{\max} – максимальна надлишкова температура повітря у розглянутому перерізі:

$$l = \frac{\left(\frac{Y}{c} + 1\right)Z}{F_0} , \quad (3)$$

де c – експериментальна константа, визначена Гриффитсом і Деві, $c=0,04$; F_0 – одинична площа, м².

Відтак потрібно розглянути схему зіткнення двох потоків (рис. 1).

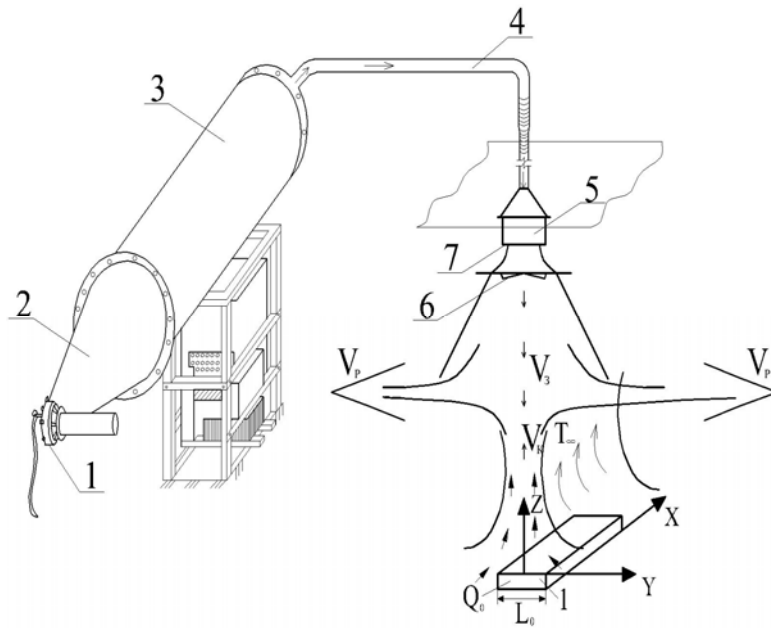


Рис. 1. Схема зіткнення двох потоків: 1 – вентиляційний агрегат; 2 – конфузор; 3 – камера статичного тиску; 4 – колектор (гнучкий шланг); 5 – повітророзподільний пристрій; 6 – закручувальні пластини; 7 – кільцева щілина

Секундна кількість теплоти, яка переноситься потоком через поперечний переріз:

$$Q = C_p r_\infty \int_0^\infty u \Delta t df, \quad (4)$$

де $df = l dy$ – елементарна площа поперечного перерізу потоку.

На підставі теплового балансу

$$Q = Q_0, \quad (5)$$

де Q_0 – теплова потужність джерела тепла (Вт).

Приріст кількості руху потоку:

$$dI = d \int_0^\infty \frac{r_\infty}{g} u^2 df. \quad (6)$$

Приріст кількості руху викликає архімедові сили:

$$dF = \left(\int_0^\infty \frac{r_\infty \Delta t}{T_\infty} df \right) dZ. \quad (7)$$

Нехтуючи тертям, можна вважати, що

$$dI = dF.$$

З рівності виразів (4) і (5) та (6) і (7), а також припущено, що $r_\infty = const$ (r_∞ – густина ненагрітої рідини; T_∞ – температура ненагрітої рідини) утворюється система рівнянь. Відтак величини u і Δt для плоского джерела тепла визначаються так:

$$u = 1,1453 \sqrt{\frac{g}{T_\infty} \frac{Q_0}{C_p r_\infty c l}} ch^{-2} \left[\left(\frac{Y}{c} + 1 \right) Z \right]; \quad (8)$$

$$\Delta t = 1,1123 \sqrt{\frac{g}{T_\infty} \left(\frac{Q_0}{C_p r_\infty c l} \right)^2} \frac{2}{l_0} ch^{-1} \left[\left(\frac{Y}{c} + 1 \right) Z \right], \quad (9)$$

де l – довжина джерела тепла, м; l_0 – ширина джерела.

Формули (8) і (9) є уточненням залежностей [3].

Для розрахунку полів швидкості і температури необхідно визначити кількість теплоти Q_0 .
 $T_{\infty} = 288 \text{ К}$ (знизу-вгору).

Припустимо, що для горизонтального джерела з поверхнею F перепад температур становить Δt .

За температури t_b теплофізичні властивості повітря є такими:

- коефіцієнт теплопровідності $I, (м \cdot К)$;
- коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu, м^2 / с$;
- критерій Прандтля Pr

При цьому визначаємо коефіцієнт тепловіддачі на поверхні a_{zop} :

$$Gr = \frac{g b u c_0^3}{\nu^2}.$$

Маючи граничні значення величин $Gr \times Pr$, знайдемо Nu за залежністю для ламінарного та турбулентного режимів і осереднений Nu , як середнє арифметичне з $Nu_{лам}$ і $Nu_{турб}$:

$$Nu_{лам} = 0,5 \times (Gr \times Pr)^{0,25},$$

$$Nu_{турб} = 0,15 \times (Gr \times Pr)^{0,33}.$$

Середнє значення Нуссельта $\overline{Nu} = 0,5(Nu_{лам} + Nu_{турб})$.

Коефіцієнт тепловіддачі на горизонтальній поверхні a_{zop} :

$$a_{zop} = 1,3 \times \frac{Nu \times I}{c_0}.$$

Кількість теплоти:

$$Q = a_{zop} \times F_{zop} \times \Delta t.$$

Тепер можемо знайти значення постійних величин у рівняннях для розрахунку полів швидкостей і температур:

$$A = 1,145 \sqrt[3]{\frac{g}{T_{\infty}} \frac{Q_0}{C_p r_{\infty} c l}};$$

$$B = 1,112 \sqrt[3]{\frac{T_{\infty}}{g} \left(\frac{Q_0}{C_p r_{\infty} c l} \right)^2 \frac{2}{l_0}}.$$

Тоді

$$w = 0,352 c h^{-2} \left[\left(\frac{Y}{0,04} + 1 \right) Z \right];$$

$$u = 4,11 c h^{-1} \left[\left(\frac{Y}{0,04} + 1 \right) Z \right]$$

або

$$w = 0,352 c h^{-2} [(25Y + 1)Z],$$

$$u = 4,11 c h^{-1} [(25Y + 1)Z].$$

Розраховуємо поля швидкостей і надлишкових температур. Результати розрахунків полів швидкостей зводимо у табл. 1, а полів надлишкових температур – у табл. 2.

Таблица 1

Поле швидкостей конвективного потока за $t=15\text{ }^{\circ}\text{C}$

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352
0,15	0,344	0,270	0,171	0,095	0,048	0,024	0,011	0,005	0,003	0,001	0,001
0,3	0,322	0,137	0,036	0,008	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,45	0,289	0,055	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,6	0,250	0,020	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,75	0,210	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,171	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,05	0,137	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,2	0,107	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,35	0,083	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,5	0,064	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,65	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,8	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,95	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,1	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

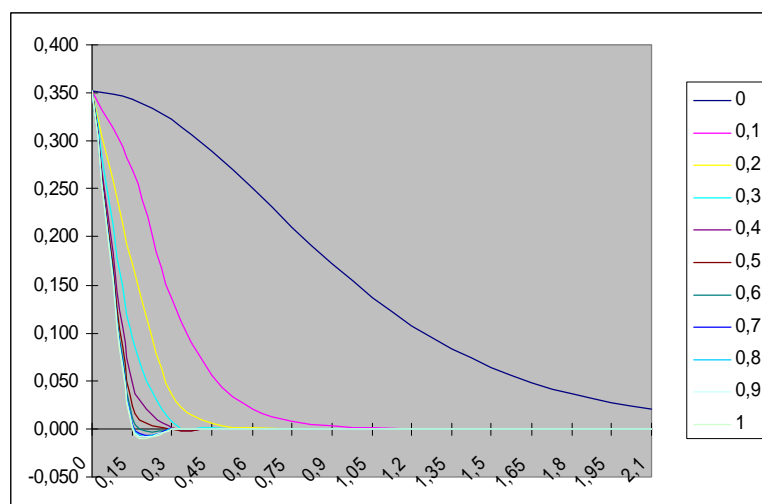
Рис. 2. Поле швидкостей конвективного потоку за $t=15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Таблица 2

Поле надлишкових температур конвективного потоку за $t=15\text{ }^{\circ}\text{C}$

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11
0,15	4,06	3,60	2,87	2,13	1,52	1,07	0,74	0,51	0,35	0,24	0,17
0,3	3,93	2,56	1,32	0,64	0,30	0,14	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00
0,45	3,73	1,63	0,55	0,18	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0,6	3,47	0,99	0,22	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	3,17	0,59	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,9	2,87	0,35	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,05	2,56	0,21	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2	2,27	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,35	2,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,5	1,75	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,65	1,52	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,8	1,32	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,95	1,15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,1	0,99	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

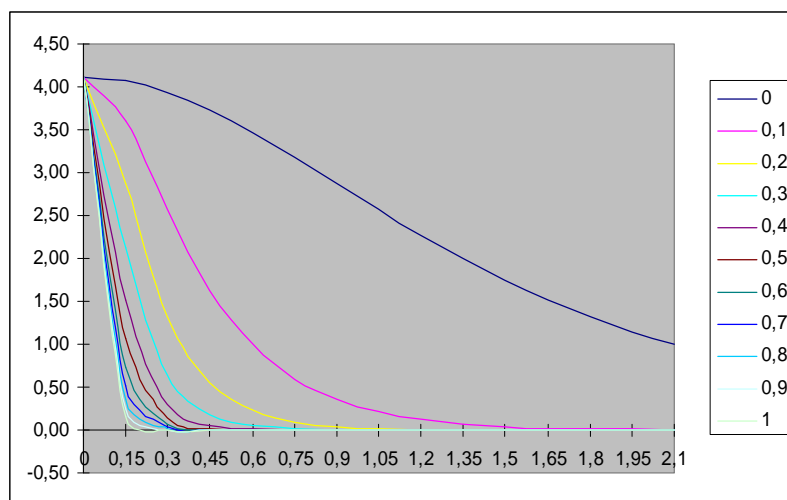


Рис. 3. Поле надлишкових температур конвективного потоку за $t=15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Між двома результуючими потоками по внутрішній області утворюється просторова вихрова зона з максимальним градієнтом швидкості. На границях струмин відбувається інтенсивне підмішування доколишнього повітря, вектори якого спрямовані протилежно, а величини швидкостей залежать від швидкостей в струминах, через що змінюється характер вихрового руху.

Область взаємодії струмин має складну поверхню, що переміщується. Гідродинаміка взаємодії таких струмин точному теоретичному опису не піддається, тому доцільно вдаватися до експериментальних досліджень.

Висновки. На основі отриманих результатів констатуємо:

- проведено розрахунок полів швидкостей і полів надлишкових температур конвективного потоку;
- побудовано графіки полів швидкостей і полів надлишкових температур конвективного потоку.

1. Талиев В. Н. *Аэродинамика вентиляции*. – М.: Стройиздат 1978. – 274 с. 2. Гримитлин М.И. *Распределение воздуха в помещениях*. – М.: Стройиздат 1982. – 163 с. 3. Шепелев И.А. *Аэродинамика воздушных потоков в помещении*. – М.: Стройиздат, 1978. – 145 с. 4. Возняк О.Т. Вплив взаємодії струмин на повітророзподіл у приміщенні / Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Теплоенергетика. Інженерія довілля. Автоматизація”. – Львів, 2001. – С. 27–31. 5. Банхиди Л. *Тепловой микроклимат помещений*. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с. 6. Возняк О., Ковальчук А. Ефективність повітророзподілу зустрічними неспіввісними струминами / Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Теплоенергетика. Інженерія довілля. Автоматизація”. – 2002. – № 460. – С. 157–161. 7. Vozniak O., Kovalchuk A. Air distribution by opposite non-coaxial air jets // Zbornik prednasok: VII Vedecka Konferencia s medzinarodnou ucastou. – Kosicko – Lvovsko – Rzeszowska. – 2002. – S. 173–178. 8. О. Возняк, А. Ковальчук, Є. Іванусь, А. Кіц. Повітророзподіл у приміщенні при взаємодії зустрічних неспіввісних струмин / Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Теплоенергетика. Інженерія довілля. Автоматизація”. – 2001. – № 432. – С.31 – 37. 9. Vozniak O., Dovbush O. Influence of indoor climate on a person heat exchange in a room // Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej “Aktualne problemy budownictwa i Inzynierii srodowiska”; czesc 2 – inzynieria srodowiska”. – Rzeszow, 2000. – S.441–447. 10. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович, Т.А. Гиринович, С.Ю. Крашенинников, А.Н. Секундов, И.П. Смирнова. –2-е изд., перераб. и доп.; Под ред. Г.Н. Абрамовича. – М.: Наука, 1984. 11. Деклараційний патент України № 40185 від 25.03.2009 р., Бюл. № 6, 2009 р. “Повітророзподільник” // О.Т. Возняк, І.Є. Сухолова. 12. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.