

УДК 697.9:621;697:621

**Возняк О. Т., к.т.н., доцент, МIRONЮК Х. В., к.т.н., ст. викладач, Сухолова І. Є., асистент, Довбуш О. М., ст. викладач (Національний університет «Львівська політехніка»)**

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПОВІТРORозПОДІЛЕННЯ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ КОМБІНОВАНИМИ СТРУМИНАМИ**

**Розглянуто повітророзподілення в приміщенні з утворенням закрученої і настильної струмин. Визначено динамічні параметри повітряного потоку, утвореного закрученою і настильною струминами при їх витіканні в приміщення.**

**Ключові слова:** повітророзподілення, закручена струмина, настильна струмина, швидкість руху повітря, витрата.

Відомо, що працездатність людини залежить в значній мірі від того, наскільки санітарно-гігієнічні параметри мікроклімату приміщень відповідають її фізіологічним потребам. Фізичний стан повітряного середовища приміщення залежить від температури, вологовмісту, швидкості руху повітря, шуму, запиленості, запахів тощо. На умови комфорту значний вплив має саме швидкість руху повітря, величина якої створюється засобами вентиляційної техніки. Значний вплив на тепловий комфорт людини має також початкова турбулізація припливного повітряного потоку при його виході з насадка [1–9].

**Одним із раціональних способів повітророзподілу у виробничих приміщеннях, де постійно перебуває робочий персонал, є подача припливного повітря повітророзподільником з високою інтенсивністю погасання параметрів (швидкості  $V$  і температури  $t$ ) припливного повітря з утворенням закрученої і настильної струмин.**

Найбільш раціональним способом повітророзподілу є подача припливного повітря безпосередньо в робочу зону виробничих приміщень повітророзподільником з утворенням закрученої і настильної струмин. Ці пристрої характеризуються високою інтенсивністю погасання параметрів (швидкості  $V$  і температури  $t$ ) припливного повітря та підвищеною турбулентністю у порівнянні із прямотечійними струминами.

**У даній роботі розглядається аспект підвищення ефективності повітророзподілення у виробничих приміщеннях, де постійно перебуває виробничий персонал, за рахунок досягнення високої інтенсивності погасання параметрів повітряного потоку при роздачі припливного повітря повітророзподільником з утворенням закрученої і настильної**

струмин в робочу зону приміщень. Вирішується питання за допомогою ефекту з утворенням закрученої і настильної струмин, які витікають з насадки при певних умовах [5, 6, 8].

**Мета даної роботи** – вивчити характер розповсюдження повітряного потоку, утвореного закрученою і настильною струминами, визначити та оптимізувати взаємозв'язок між геометричними характеристиками повітророзподільника та інтенсивністю затухання швидкості повітряного потоку.

**Моделювання потоку повітря виконувалося** за допомогою вирішувача CFD FLUENT (Ansys FLUENT). При моделюванні у даній програмі було прийнято такі спрощення і припущення:

- внутрішнє повітря є нестискуваним, а потік повітря – усталеним;
- тепловіддача від внутрішніх поверхонь не враховувалась;
- нагрівання повітря у приміщенні в холодний період року забезпечувався радіаторами;
- припливне повітря подавалось повітророзподільником із утворенням закрученої і настильної струмин;
- витяжка із робочої зони здійснювалась витяжним зонтом, а із верхньої зони приміщення – була поза зоною дії припливних струмин;
- припливний повітророзподільник встановлено на висоті 3 м [5, 6].

Для виведення рівняння руху необхідно, щоб виконувались закони збереження маси і енергії, а швидкість зміни трьох компонент імпульсу була рівна відповідним компонентам прикладених сил. Розглянуто *k-ε* модель турбулентності.

Рівняння нерозривності:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0. \quad (1)$$

У пакеті Ansys FLUENT рівняння *k – ε* моделі має вигляд:

*k* та *ε* – рівняння відповідно:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho k U_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \varepsilon U_j) = & \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S_\varepsilon - \rho C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{v \varepsilon}} + \\ & + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} C_{3\varepsilon} G_b + S_\varepsilon. \end{aligned} \quad (3)$$

Проведено розрахунок системи рівнянь Нав'є-Стокса, усередненої по Рейнольдсу за допомогою однопараметричної моделі турбулентно-

сті Спаларта-Алмараса, яка в пакеті Ansys FLUENT має вигляд:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \tilde{v}) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \tilde{v} u_j) = G_v + \frac{1}{\sigma_{\tilde{v}}} \left[ \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ (\mu + \rho \tilde{v}) \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x_j} \right\} + C_{b2} \rho \left( \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x_j} \right)^2 \right] - Y_v + S_{\tilde{v}}, \quad (4)$$

де  $G_v$  – турбулентна в'язкість;  $Y_v$  – руйнування турбулентної в'язкості;  $\sigma_{\tilde{v}}$ ,  $C_{b2}$  – константи;  $\tilde{v}$  – молекулярна кінетична в'язкість.

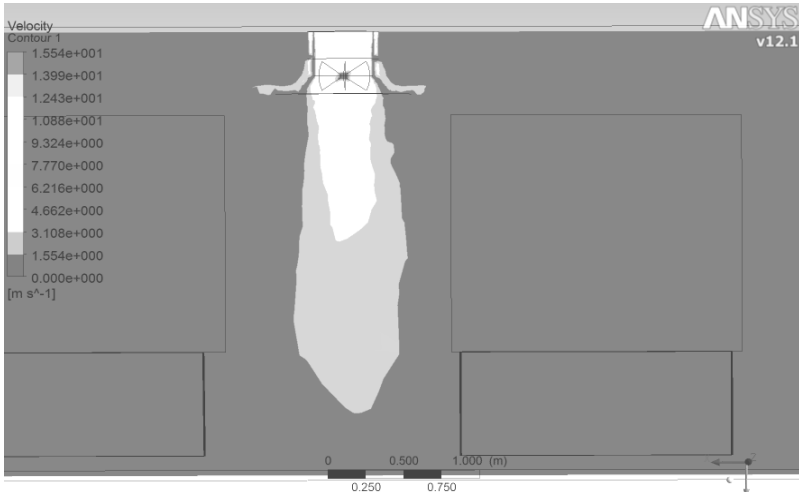


Рис. 1. Розподіл швидкостей припливного повітряного потоку у перерізі повіторозподільника при подачі повітря закрученою і настільною струминами і куті нахилу закручуючих пластин  $90^\circ$

Як видно з рис. 1, припливна закручена струмина при куті нахилу закручуючих пластин  $90^\circ$  близька за своїми характеристиками до прямотокової. Настільна струмина розвивається незалежно від закрученої, тобто немає взаємодії струмин (рис. 2). При відносній відстані  $\bar{X} = 0,2$  від повіторозподільника  $\bar{v} = 0,75$ , а при  $\bar{X} = 0,4$  -  $\bar{v} = 0,5$ . Як видно з рис. 3, при куті нахилу закручуючих пластин  $60^\circ$  припливна настільна струмина теж розвивається незалежно від закрученої, тобто немає взаємодії струмин. При відносній відстані  $\bar{X} = 0,11$  величина  $\bar{v} = 0,7$ , при  $\bar{X} = 0,2$  -  $\bar{v} = 0,5$ , а при  $\bar{X} = 0,4$   $\bar{v} = 0,3$ .

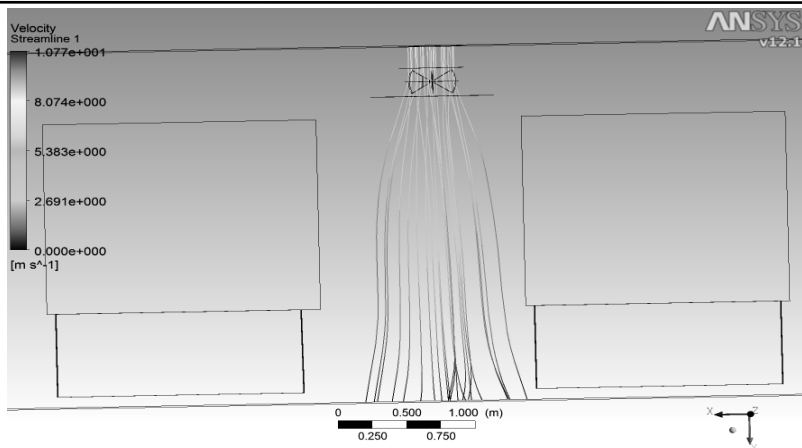


Рис. 2. Лінії течії при подачі повітря закрученою і настильною струминами і кути нахилу закручуючих пластин 90°



Рис. 3. Розподіл повітряних потоків у приміщенні при подачі повітря повітро-розподільником із кутом нахилу закручуючих пластин 60°

Було також проведено дослідження при подачі повітря закрученою і настильною струминами і кути нахилу закручуючих пластин 60°, а також при подачі повітря закрученою і настильною струминами і кути нахилу закручуючих пластин 30° та змодельовано при відповідних ку-

тах нахилу розподіл швидкостей припливного повітряного потоку у переріз повітророзподільника, лінії течії при подачі повітря та розподіл повітряних потоків у приміщенні.

При куті нахилу закручуючих пластин  $30^\circ$  відбувається взаємодія закрученої і настильної струмин. Інтенсивне падіння швидкості у припливному потоці відбувається у перерізі  $\bar{X} = 0,2$ .

**На основі отриманих результатів** констатуємо: спостерігається суттєве збільшення швидкостей на закручуючих пластинах, що свідчить про турбулізацію повітряного потоку при потраплянні на них; визначено та оптимізовано геометричні та витратні характеристики повітророзподільника з утворенням комбінованих струмин; визначено, що для досягнення підвищення інтенсивності затухання швидкості руху потоку повітря необхідно збільшити кут нахилу закручуючих пластин і застосувати ефект настилення; застосування повітророзподільників з утворенням комбінованих струмин дасть змогу значно підвищити критерій ADPI [2] при подачі у виробничі приміщення значної кількості повітря, необхідної для забезпечення параметрів мікроклімату приміщень та технологічності виробничих процесів, що відбуваються в даних приміщеннях.

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. Возняк О. Т. Вплив взаємодії струмин на повітророзподіл у приміщенні // Вісн. НУ “Львівська політехніка”. – Львів, 2001. – С. 27–31.
4. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений. – М. : Стройиздат, 1981. – 248 с.
5. Возняк О. Т., Сухолова І. Є., Миронюк Х. В. Повітророзподіл закрученими струминами у приміщеннях малого об’єму // Вісник НУ”ЛП” “Теорія і практика будівництва”. – 2011. – № 697. – С. 60–62.
6. Возняк О. Т., Сухолова І. Є., Миронюк Х. В. Підвищення ефективності повітророзподілу у приміщенні при використанні закручених струмин // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Motorization and power industry in agriculture. Tom 12 С. – Lublin, 2010. – Р. 210–214.
7. Возняк О. Т., Сухолова І. Є. Методи зниження енерговитрат. Вісник “Ринок інсталяцій”. – № 9 (157). – 2010. – С. 16.
8. Kapalo P. Analysis of ventilation rate and concentrations of carbon dioxide in the office // Вісн. НУ “Львівська політехніка”. – Львів, 2013. – С. 85–93.
9. Karellová Z., Vranayová Z., Káposztásová D., Purcz P. Risk analysis for RWH system and its verification by mathematical methods // Вісн. НУ “Львівська політехніка”. – Львів, 2013. – С. 93–98.
10. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М. : Наука, 1976. – 279 с.

Рецензент: д.т.н., доцент Желих В. М. (НУ «ЛП»)

---

**Voznyak O. T., Candidate of Engineering, Myroniuk Kh. V., Candidate of Engineering, Senior Lecturer, Sukholova I. E., Assistant, Dovbush O. M., Senior Lecturer (Lviv Polytechnic National University)**

### **MODELING OF AIR FLOW DISTRIBUTION IN PRODUCTION APARTMENTS BY COMBINATED JETS**

**Air distribution in a room by swirl and spread air jets has been regarded. Dynamic parameters of air flow that is created due to swirl and spread air jets at their leakage in a room has been determined.**

***Keywords:* air distribution, swirl jet, spread jet, air velocity, flow rate.**

---

**Возняк О. Т., к.т.н., доцент, Миронюк Х. В., к.т.н., ст. преподаватель, Сухолова И. Е., ассистент, Довбуш А. М., ст. преподаватель (Национальный университет «Львовская политехника»)**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ КОМБИНИРОВАННЫМИ СТРУЯМИ**

**Рассмотрено воздухораспределение в помещении с образованием закрученной и настилочной струй. Определены динамические параметры воздушного потока, образованного закрученной и настилочной струями при их вытекании в помещение.**

***Ключевые слова:* воздухораспределение, закрученная струя, настилочная струя, скорость движения воздуха, затрата.**

---