

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕГУЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ З ЗРУЧНООБТІЧНИМИ ВИКОНАВЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ НА ВТРАТИ ТИСКУ В КОЛІНІ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Г.С. Ратушняк, к.т.н., Р.В. Степанковський, аспірант  
Вінницький національний технічний університет,  
вул. Хмельницьке шосе, 95, 21021, м. Вінниця, Україна

## Вступ

Для зміни напрямку руху чистого повітря (в системі вентиляції) та повітря разом з різного роду домішками (в система аспірації та пневмотранспорту) без розділення потоку використовуються коліна, відводи, які створюють значний опір протіканню робочого середовища та сприяють утворенню суттєвих втрат тиску в мережі. Основна частина втрат тиску в колінах та відводах виникає внаслідок вихроутворенням біля внутрішньої стінки, яке разом з вторинними потоками визначає в основному і характер розподілення швидкостей за поворотом [1].

Найбільший опір в коліні створюється у тому випадку, коли кромка згину на внутрішній частині гостра, тобто радіус заокруглення внутрішньої стінки  $r_0=0$  і відрив течії від даної стінки відбувається найбільш інтенсивно. Заокруглення зовнішньої стінки при збереженні внутрішньої кромки гострою  $r_0=0$  не призводить до суттєвого зниження опору коліна.

Метою роботи є дослідження впливу регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами на втрати тиску в коліні вентиляційної системи без зміни конструктивних рішень самого коліна.

## Основна частина

Дослідження розподілу поля швидкостей та тисків у коліні та після нього свідчать, що найбільш інтенсивне вихроутворення виникає за гострою кромкою та напроти неї, біля зовнішньої частини коліна. Розподіл швидкостей, різні втрати тиску в коліні та вплив радіуса заокруглення свідчать, що одним із шляхів зменшення втрат тиску в коліні є зменшення вихроутворення в вищенаведених областях [1].

Для вирішення поставленої задачі запропоновано влаштування удосконаленої конструкції регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами [2] перед коліном. Схему влаштування регулюючого пристрою перед коліном в вентиляційній мережі з вентиляційним агрегатом та вимірювальними приладами наведено на рис. 1. Експериментальні дослідження проводились згідно методики [3].

Для дослідження втрат тиску в колі, вдавнення еластичної вставки здійснювалось із внутрішньої сторони (гострої кромки) відводу  $h_1$  (рис.1).

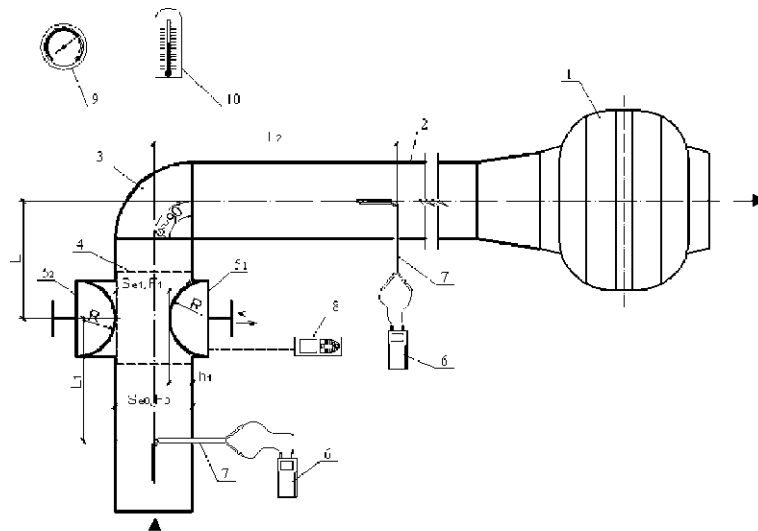


Рис. 1. Схема дослідження впливу роботи регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами на втрати тиску в коліні системи вентиляції:

1 - вентиляційний агрегат VKA125LD; 2 - повітропровід 0100мм; 3 - коліно 90°; 4 - регулюючий пристрій; 5<sub>1</sub>,5<sub>2</sub> - зручнообтічні виконавчі елементи регулюючого пристрою; 6 - диференційний манометр TESTO 510; 7 - трубка Піто; 8 - лазерний вимірювач дистанції Leica DISTO D2; 9 - барометр-анероїд БАММ-1; 10 - термометр спиртовий.

З метою визначення оптимального вдавнення регулюючого елемента до осі регулюючого пристрою  $h_1$  та розміщення регулюючого елемента відносно осі горизонтального повітропроводу  $L$  (рис. 1) при плануванні експерименту для визначення області, в межах якої були б реалізовані сполучення вищенаведених факторів, проведено пошукові експерименти.

При побудові математичної моделі процесу регулювання втрат тиску в коліні вентиляційної мережі виконано операцію кодування факторів у вигляді лінійного перетворення факторного простору та встановлено наступні значення рівнів факторів в умовному масштабі (табл.1) [4]. На основі проведення пошукових експериментів встановлено істинні значення факторів, які наведено в табл. 1.

Таблиця 1 Рівні факторів та інтервали варіювання

Фактори	Рівні варіювання факторів					Інтервал варіювання
	-1,414	-1	0	+1	+1,414	
$x_1$ - розташування регулюючого елемента щодо горизонтальної осі повітропроводу, м ( $L$ )	0,159	0,163	0,167	0,171	0,175	$\pm 0,004$
$x_2$ - розташування регулюючого елемента щодо вертикальної осі повітропроводу, м ( $h_1$ )	0	0,008 25	0,0165	0,02475	0,033	$\pm 0,00825$

З метою проведення повнофакторного експерименту складено матрицю планування експерименту для функції відгуку  $\Delta p_k$  - втрати тиску в коліні та

отримано рівняння регресії згідно багатofакторного експерименту для кодованих значень

$$\Delta p_k = 80,22 + 1,405x_1 - 0,905x_2 + 1,25x_1x_2 + 0,32x_1^2 + 0,178x_2^2. \quad (1)$$

При цьому дисперсія відтворюваності  $S_{\text{відт}}^2 = 0,7$ ; дисперсія адекватності  $S_{\text{відт}}^2 = 1,25$ ; критерій Фішера  $F=1,79 < [F]=3,41$ , отже регресійна модель (1) адекватна. Коефіцієнт кореляції  $R^2 = 0,82$ .

Після відкидання сполучення факторів, які обумовлені умовою порівняння розрахункового значення критерію Стюдента  $|t_i|$  з критичним, і при умові  $|t_i| \leq |t|$  і-й коефіцієнт регресії вважався незначним, рівняння регресії (1) в кодованих значеннях має вигляд

$$\Delta p_k = 80,22 + 1,405x_1 - 0,905x_2 + 1,25x_1x_2. \quad (2)$$

Для дійсних значень факторів рівняння регресії (2) для функції  $\Delta p_k$  має вигляд, Па

$$\Delta p_k = 127,82 + 273,69x_1 - 6435,48x_2 + 37878,7x_1x_2. \quad (3)$$

Для зручності оцінювання втрати тиску в залежності від факторів впливу  $\Delta p_k = f(x_1, x_2)$  побудовано поверхню відгуку (рис.2).

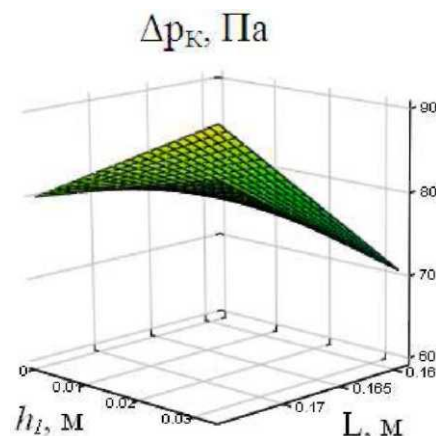


Рис. 2. Поверхня відгуку функції  $\Delta p_k$  в залежності від параметрів оптимізації в площині їх дійсних значень  $\Delta p_k = f(h_1, L)$

Аналіз поверхні відгуку свідчить, що найменші втрати тиску в коліні досягались внаслідок зближення виконавчого елемента до осі регулюючого пристрою на величину  $h_1 = 0,033$  м та при розміщенні виконавчого елемента відносно осі горизонтального повітропроводу на величину  $L = 0,159$  м. А найбільші втрати тиску в коліні досягались при  $h_1 = 0$  м, тобто при відсутності процесу регулювання. Розбіжність втрат тиску в коліні обумовлюється впливом зручнообтічного виконавчого елемента на зменшення вихроутворення в коліні, ділянки яких показано на (рис.1, а).

При проведенні експерименту було виявлено, що найбільш суттєвий вплив з двох факторів має фактор  $x_2$  ( $h_1$ ) - розташування виконавчого елемента щодо вертикальної осі повітропроводу. Вплив фактору  $x_1$  ( $L$ ) на втрати тиску в коліні без наявності фактору  $x_2$  ( $h_1$ ) втрачає сенс, так як відсутність фактору впливу  $x_2$  ( $h_1$ ) обумовлює відсутність процесу регулювання. Побудована графічна залежність  $\Delta p_k$  від  $h_1$  (рис. 3).

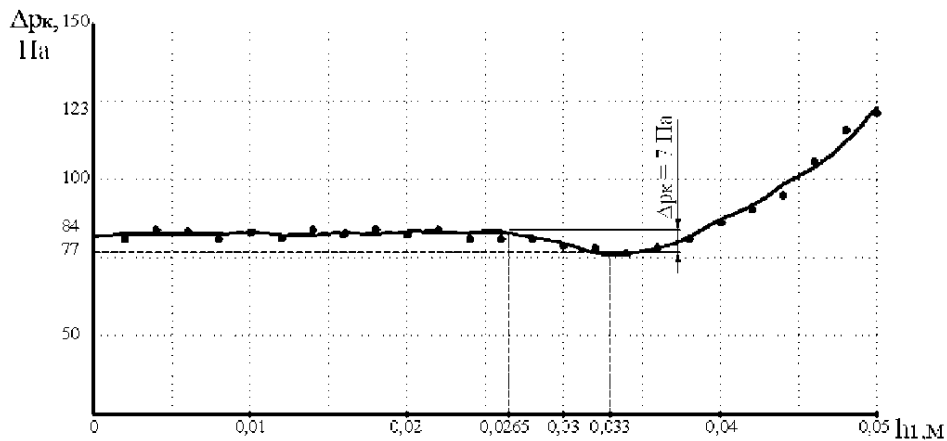


Рис. 3. Залежність втрат тиску в коліні  $\Delta p_k$  від степені зближення регулюючого елемента  $h_1$  регулюючого пристрою до його осі

Аналіз графіка свідчить, що при степені зближення регулюючого елемента до осі регулюючого пристрою  $h_1 = 0 \div 0,0265$  м втрати тиску в коліні коливаються в межах  $\Delta p_k = 82 \div 84$  Па. При подальшому зближенні регулюючого елемента до осі регулюючого пристрою втрати тиску поступово зменшуються і досягають найменшого значення  $\Delta p_{kmin} = 77$  Па при  $h_{1min} = 0,033$  м. При  $h_1 > 0,033$  м втрати тиску різко зростають і при досягненні регулюючим елементом осі регулюючого пристрою  $h_1 = 0,05$  м, втрати тиску досягають 123 Па.

### Висновки

1. Результати дослідження свідчать про можливість застосування регулюючого пристрою з зручнообтічними регулюючими елементами перед коліном вентиляційної мережі для зменшення в останньому втрат тиску.

2. Отримано емпіричну залежність  $\Delta p_k = f(h_1, L)$ , яка може бути використана в методиці інженерного розрахунку вентиляційної мережі для досягнення енергоощадності.

### Список використаних джерел

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Под ред. М.О.Штейнберга. - 3-е изд., перераб. и доп. / И.Е. Идельчик -М.: Машиностроение, 1992. - 672 с.

2. Патент 52768 UA, МПК F16K 7/00, B08B 15/00. Дросельний пристрій / Степанковський Р.В., Ратушняк Г.С. - № u201002050; Заявл. 25.02.2010; Опубл. 10.09.2010, Бюл.№17.

3. Методи аэродинамических испытаний: ГОСТ 12.3.018-79. -М.: Изд-во стандартов, 1981. - 10 с.

4. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных ус-ловий / Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. -М.: Наука, 1976. - 280 с.