



УДК [631.3:614.712].001.4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ОПТИМІЗАЦІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ВІД ПИЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ РОТАЦІЙНОГО ПРОТИПОТОКОВОГО ОЧИСНИКА ПОВІТРЯ

Мохнатко І.М., к.т.н.,

Таврійський Державний Агротехнологічний Університет

Тел. +38-06192-42-14-38

Анотація - Робота присвячена експериментальним дослідженням з оптимізації ефективності очищення повітря від пилу за допомогою ротаційного протипотокового очисника повітря.

Ключові слова – ротаційний протипотоковий очисник повітря, нерівномірність розподілу повітряного потоку, швидкість всмоктування повітря, радіус ротора пиловіддільника.

Постановка проблеми. Одним із основних недоліків ротаційного протипотокового очисника повітря, який застосовується в системі вентиляції кабін тракторів, є нерівномірність розподілу повітряного потоку по його довжині, тому найбільш перспективним напрямком усунення цього недоліку є застосування в його конструкції зон місцевого опору для забезпечення постійного спектру швидкостей усмоктування по всій довжині ротора.

Аналіз останніх досліджень. Використання ротаційних пиловловлювачів є одним із найефективніших засобів боротьби з підвищеною запиленістю в кабіні трактора, але є ряд недоліків, серед яких: складність конструкції, утворення завихрень у ділянці торцевого захисного кожуха, а також нерівномірний спектр швидкостей всмоктування по довжині ротора. Усунення підвищеної запиленості повітря й підтримка необхідних параметрів мікроклімату у робочій зоні тракториста, вирішуються за допомогою установки в систему вентиляції кабін тракторів ротаційного протипотокового очисника повітря.

Формулювання цілей статті. Метою цієї роботи являється проведення експериментальних досліджень з оптимізації ефективності очищення повітря від пилу та обґрунтування



конструктивних параметрів ротаційного протипотокового очисника повітря.

Основна частина. Одним із основних недоліків ротаційного протипотокового очисника повітря є нерівномірність розподілу повітряного потоку по всій довжині ротора. Тому в основу роботи по вдосконаленню протипотокового ротаційного пиловіддільника повітря, було поставлено завдання по виконанню кільцевої решітки навколо ротора із профільною зовнішньою поверхнею у вигляді конуса. Твірна конуса складається з нерухомих кілець, діаметр яких збільшується від захисного кожуха до робочого колеса що забезпечує постійний спектр швидкостей усмоктування по всій довжині ротора, що виключає утворення вихорів і негативних градієнтів тиску біля захисного кожуха, тим самим підвищуючи ефективність пило відділення [4].

Експериментальні дослідження проводили з використанням методик планування експерименту, що здійснювалося шляхом застосування принципів і положень теорії планування експерименту [5, 6].

На підставі експериментальних досліджень, а також аналізу літературних джерел [1,2,3] як значимі параметри, що впливають на ефективність очищення запиленого повітря протипотокового ротаційного пиловіддільника прийняті: швидкість руху частинок пилу між кільцями пиловіддільника, зовнішній радіус кілець і відстань між кільцевими пластинами пиловіддільника.

Вихідними даними для подальших розрахунків є:

- 1) зовнішній радіус кілець пиловіддільника ($R_k = 0,240$ м);
- 2) відстань між кільцевими пластинами пиловіддільника ($b = 0,010$ м);
- 3) швидкість руху частинок пилу між кільцями пиловіддільника ($V_{дв} = 0,5$ м/с).

Фактори і рівні варіювання наведено в таблиці 1.

Результуючою ознакою при цьому обрано ефективність очищення повітря від частинок пилу.

Щоб скористатися стандартною матрицею для проведення повнофакторного експерименту, значення факторів кодуємо за формулою (1) і заносимо в таблицю 2.

$$x_i = \frac{x'_i - x_{0i}}{\Delta x_i}, \quad (1)$$

де x_i - кодоване значення фактора (1, -1, 0);

x'_i - натуральне значення фактора на якому-небудь рівні;

x_{0i} - натуральне значення фактора на нульовому рівні;

Δx_i - інтервал варіювання.



Таблиця 1 –

Рівні варіювання факторів

Найменування факторів	Одиниці виміру	Рівні варіювання факторів			Позначення
		-1	0	+1	
Зовнішній радіус кілець пиловіддільника	мм	180	230	280	X ₁
Відстань між кільцевими пластинами пиловіддільника	мм	7	9,5	12	X ₂
Швидкість руху частинок пилу між кільцями пиловіддільника	м/с	0,2	0,4	0,6	X ₃

Складаємо план повнофакторного експерименту на основі стандартної матриці (табл. 2) і здійснюємо його реалізацію. Досліди проводимо тричі для визначення помилки.

Таблиця 2 –

Композиційний план ортогонального експерименту (n=3)

№	Фактори							Фактори взаємодії			откліки			Yi-середн
	Z0	Z1	Z2	Z3	z1'	z2'	z3'	z12	z13	z23	Yi1	Yi2	Yi3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	0,27	0,27	0,27	1	1	1	87,2	87,2	87,2	87,20
2	1	-1	1	1	0,27	0,27	0,27	-1	-1	1	87	86,8	86	86,60
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	1	1	-1	1	0,27	0,27	0,27	-1	1	-1	87,1	87,1	87,1	87,10
4	1	-1	-1	1	0,27	0,27	0,27	1	-1	-1	86,8	86,8	86,8	86,80
5	1	1	1	-1	0,27	0,27	0,27	1	-1	-1	90,1	90,1	90,1	90,10
6	1	-1	1	-1	0,27	0,27	0,27	-1	1	-1	88,1	88,1	88,1	88,10
7	1	1	-1	-1	0,27	0,27	0,27	-1	-1	1	86,9	86,9	86,9	86,90
8	1	-1	-1	-1	0,27	0,27	0,27	1	1	1	87,2	87,2	87,2	87,20
9	1	1,215	0	0	0,746	-0,73	-0,73	0	0	0	88,1	88,1	88,1	88,10
10	1	-1,215	0	0	0,746	-0,73	-0,73	0	0	0	83,4	83,4	83,4	83,40
11	1	0	1,215	0	-0,73	0,746	-0,73	0	0	0	86,5	86,5	86,5	86,48
12	1	0	-1,215	0	-0,73	0,746	-0,73	0	0	0	84,8	84,8	84,8	84,81
13	1	0	0	1,215	-0,73	-0,73	0,746	0	0	0	84,8	84,8	84,8	84,81
14	1	0	0	-1,215	-0,73	-0,73	0,746	0	0	0	83,7	83,7	83,7	83,74
15	1	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73	0	0	0	82,4	82,4	82,4	82,40



Результати експериментів оброблялися за допомогою методів математичної статистики з використанням критеріїв Стюдента, Фішера, Кохрена.

Для побудови математичної моделі за параметром оптимізації – ефективність очищення повітря від пилу, було використано матрицю планування експерименту (табл. 2).

Математична модель за параметром оптимізації має вигляд:

$$y_i = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + B_3x_3 + B_{12}x_1x_2 + B_{13}x_1x_3 + B_{23}x_2x_3 + B_{11}x_1^2 + B_{22}x_2^2 + B_{33}x_3^2 \quad (2)$$

де y_1 – ефективність пиловловлення, %;

X_1 – зовнішній радіус кілець пиловіддільника, м;

X_2 – відстань між кільцевими пластинами, м;

X_3 – швидкість руху частинок пилу між кільцями пиловіддільника, м³/год.

Складаємо розширену матрицю планування X та матрицю середніх значень відгуків Y :

$$X := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0.27 & 0.27 & 0.27 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 0.27 & 0.27 & 0.27 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 0.27 & 0.27 & 0.27 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 0.27 & 0.27 & 0.27 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 0.27 & 0.27 & 0.27 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 0.27 & 0.27 & 0.27 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 0.27 & 0.27 & 0.27 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 0.27 & 0.27 & 0.27 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1.215 & 0 & 0 & 0.746 & -0.73 & -0.73 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1.215 & 0 & 0 & 0.746 & -0.73 & -0.73 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1.215 & 0 & -0.73 & 0.746 & -0.73 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1.215 & 0 & -0.73 & 0.746 & -0.73 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1.215 & -0.73 & -0.73 & 0.746 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1.215 & -0.73 & -0.73 & 0.746 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -0.73 & -0.73 & -0.73 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} 87.20 \\ 86.60 \\ 87.10 \\ 86.80 \\ 90.10 \\ 88.10 \\ 86.90 \\ 87.20 \\ 88.10 \\ 83.40 \\ 86.48 \\ 84.81 \\ 84.81 \\ 87.74 \\ 88.40 \end{pmatrix}$$

З метою оцінки на параметр оптимізації кожного з досліджуваних факторів, а також оцінки точності досліду застосовувався дисперсійний аналіз результатів експерименту [5,6].

За критерієм Кохрена визначено, що відтворюваність дослідів добра ($G \leq G_{\text{эд}}$).

Визначимо коефіцієнти криволінійної моделі, використовуючи формулу:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y; \quad (3)$$



Результати розрахунків за формулою (4.2) наведено в додатку Е. Після підстановки коефіцієнтів моделі математична модель матиме вигляд:

$$y_i = 86,916 + 0,759x_1 + 0,55x_2 - 0,745x_3 + 0,281x_1^2 + 0,21x_2^2 + 0,637x_3^2 + 0,325x_1x_2 - 0,1x_1x_3 - 0,525x_2x_3 \quad (4)$$

Значимість коефіцієнтів перевіримо за критерієм Стьюдента за умови:

$$t_i > t_{P_{0,95}} \quad (t_{P_{0,95}} = 3,18, \quad f = 3, \quad s_0^2 = 0,0622)$$

Відповідно до розрахованих значень критерію одержимо:

t_0	1349,50
t_1	11,78
t_2	8,54
t_3	11,57
t_{11}	4,36
t_{22}	3,26
t_{33}	9,89
t_{12}	5,05
t_{23}	1,55

Коефіцієнт моделі z_{23} незначний.

Таким чином, отримана математична модель має вигляд:

$$y_i = 86,916 + 0,759x'_1 + 0,55x'_2 - 0,745x'_3 + 0,281x'^2_1 + 0,21x'^2_2 + 0,637x'^2_3 + 0,325x'_1x'_2 - 0,1x'_1x'_3 \quad (5)$$

У результаті реалізації плану експерименту отримано формулу рівняння регресії [5,6].

Перевірка адекватності математичної моделі проводилася з використанням елементів дисперсійного аналізу за допомогою критерію Фішера.

Для визначення адекватності моделі, порівняємо критичне та розрахункове значення критерію Фішера :

$$1,65 < 1,78$$

Результати розрахунків свідчать про те, що отримана нелінійна модель, адекватна дослідним даним, тобто її можна використовувати при побудові області оптимуму та визначенні центра оптимуму для факторів зазначених у таблиці 1.

При розкодуванні математичної моделі функція відклику буде мати вигляд:



$$y_i = 99,111 - 5,722 \cdot 10^{-2} x_1' - 1,02 x_2' - 0,14 x_3' + 0,00012 x_1'^2 + 0,036 x_2'^2 + 0,0016 x_3'^2 - 10^{-4} x_1' x_3' + 2,6 \cdot 10^{-3} x_1' x_2' \quad (6)$$

При вищенаведених значеннях факторів значення параметра оптимізації дорівнює $y_i = 86,36$.

Розкодованому центру оптимуму відповідають значення:

$$x_1 = 184,5; x_2 = 7,97; x_3 = 0,5$$

Як постає з розрахунків, для одержання оптимальної ефективності пиловловлення зовнішній радіус кілець пиловіддільника повинен становити 184,5 мм, відстань між кільцевими пластинами пиловіддільника - 7,97 мм, швидкість руху частинок пилу між кільцями пиловіддільника приймаємо 0,5 м/с.

Висновки. В результаті проведення експериментальних досліджень з оптимізації ефективності очищення повітря від пилу та обґрунтування конструктивних параметрів ротаційного проти-потокowego очисника повітря було отримано раціональні значення технологічних і конструктивних параметрів ротаційного проти-потокowego пиловіддільника повітря.

Література.

1. *Талиев В.Н.* Аэродинамика вентиляции / *В.Н. Талиев.* - М : Стройиздат 1979. – 295 с.
2. *Повх И.Л.* Аэродинамический эксперимент в машиностроении / *И.Л. Повх.*- Л: Машиностроение, 1974. – 480 с.
3. *Титов Л.В.* Исследование влияния выравнивания скоростей всасывания на эффективность противопоточного ротационного пылеуловителя транспортных систем кондиционирования воздуха: автореф. дис... канд. тех. наук / *Л.В. Титов.* - М.,1981. - 10 с.
4. Пат.№ 40794 Україна, МПК D01D54/14. Протипотокowy ротаційний пиловіддільник / *Ю.П. Рогач, І.М. Мохнатко* (Україна).- №2000031542; заявл. 20.03.2000; опубл. 15.08. 2001, Бюл №7.
5. *Адлер Ю.П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/ *Ю.П. Адлер, Е.Б. Макаров, Ю.В. Грановский.* - М.: Наука, 1976.-279 с.
6. *Бабицкий Л.Ф.* Основы научных исследований / *Л.Ф. Бабицкий, В.М. Булгаков, Д.Г. Войтюк.* – К.: НАУ, 1999. – 205 с.



**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО
ОПТИМИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА
ОТ ПЫЛИ ПРИ ПОМОЩИ РОТАЦИОННОГО
ПРОТИВОПОТОКОВОГО ОЧИСТИТЕЛЯ ВОЗДУХА**

Мохнатко И.Н.

Аннотация – работа посвящена проблеме экспериментальных исследований по оптимизации эффективности очистки воздуха от пыли и обоснованию конструктивных параметров ротационного противопотокового очистителя воздуха.

**EXPERIMENTAL STUDY ON OPTIMIZATION
PERFORMANCE DUST EXTRACTION BY ROTATING THE
UPWIND AIR PURIFIER**

J. Mohnatko

Summary

Works devoted to the problem of pilot studies to optimize the efficiency of air filtration and justification of the design parameters of the rotary upwind air purifier.