



УДК [631.3:614.712].001.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ РОТАЦІЙНОГО ПРОТИПОТОКОВОГО ОЧИЩУВАЧА ПОВІТРЯ З МЕТОЮ ВИКОРИСТАННЯ ЙОГО В СИСТЕМІ ВЕНТИЛЯЦІЇ КАБІН ТРАКТОРІВ

Мохнатко І.М., к.т.н.,

Таврійський Державний Агротехнологічний Університет

Тел. (06192) 42-14-38

Анотація - Робота присвячена дослідженням та обґрунтуванню конструктивних параметрів ротаційного протипотокового очищувача повітря з метою використання його в системі вентиляції кабін тракторів.

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

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

Аналіз останніх досліджень. Приведення до нормативних параметрів запиленості повітря в кабіні трактора й підтримка необхідних параметрів мікроклімату у робочій зоні тракториста вирішуються за допомогою установки в систему вентиляції кабін тракторів одного із найефективніших засобів боротьби з підвищеною запиленістю в кабіні трактора, ротаційного протипотокового очисника повітря. Але в конструкції очищувача повітря є ряд недоліків, серед яких: складність конструкції, утворення завихрень у ділянці торцевого захисного кожуха, а також нерівномірний спектр швидкостей всмоктування по довжині ротора. Тому необхідно проведення оптимізації ефективності очищення повітря від пилу за рахунок обґрунтування конструктивних параметрів ротаційного протипотокового очисника повітря.

Формулювання цілей статті. Метою цієї роботи являється



проведення досліджень з оптимізації ефективності очищення повітря від пилу та обґрунтування параметрів конструкції ротаційного протипотокового очисника повітря з метою використання його в системі вентиляції кабін тракторів.

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.

У протипотоковому очиснику повітря для забезпечення рівномірної швидкості всмоктування повітря в робочу поверхню, якою є ротор пиловловлювача, пропонується застосовувати циліндричні кільця різного діаметра (рис. 1).

Швидкість усмоктування повітря в пиловіддільник (V_{BC}), і в загальному випадку вона може бути визначена з наступного виразу:

$$V_{BC} = \mu \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (P_0 - P_x)}, \quad (1)$$

де μ - коефіцієнт витрати повітря;

ρ - щільність повітря, кг/м³;

P_0 , P_x - статичний тиск повітря усередині й поза пиловіддільником відповідно, Па.

Стосовно об'єму, обмеженого перерізами X и $X = 0^1$, а також стінками пиловіддільника, скористаємося відомим рівнянням кількості руху в проекції на його поздовжню вісь:

$$S \cdot (P_0 - P_x) - \int_0^x \tau_x \cdot P_b \cdot dx = S \cdot (P_0 - P_x) - \tau_x \cdot P_b \cdot x_0^x = S \cdot (P_0 - P_x) - \tau_x \cdot P_b \cdot x \quad (2)$$

де S - площа поперечного перерізу пиловіддільника, м²;

τ_x - напруга тертя повітря зі стінками повітроводу;

P_b - периметр повітроводу, м;

Враховуючи, що: $\tau_x = \frac{\lambda}{8} \cdot V_0^2$; $P_0 - P_x = \rho \cdot V_0^2 \left(\frac{\lambda}{4 \cdot R_y} \cdot x + 1 \right)$; $P_b = \frac{2 \cdot S}{R_y}$.

одержимо:

$$V_{BC} = \mu \cdot V_0 \sqrt{2 \cdot \left(\frac{\lambda}{4 \cdot R_y} \cdot x + 1 \right)} \quad (3)$$

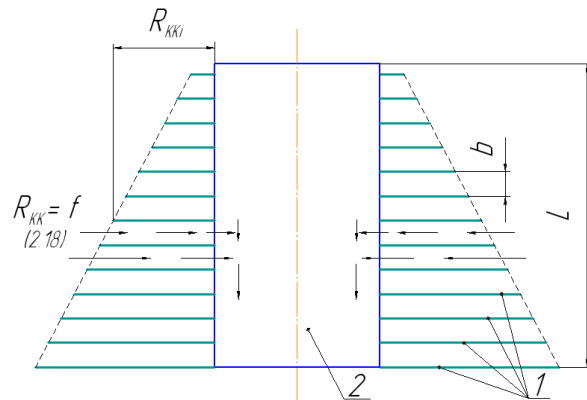


Рис.1. Схема відцентрового протипотокового очищувача повітря зі встановленими на ньому кільцями

У результаті визначення характеру зміни радіуса R_y було встановлено закон зміни радіуса кожного кільця R_{KK} , що забезпечує надходження повітря в порожнину пиловловлювача з постійною швидкістю V_B [1,2]

$$R_{KK} = \frac{128 \cdot \pi \cdot v \cdot R_P \cdot L \cdot k_0}{L_K \cdot d} \cdot \frac{\mu^2}{1 - \mu^2} \cdot X. \quad (4)$$

де L_K – витрата повітря пиловіддільником (тобто його продуктивність), m^3/c ;

k_0 – коефіцієнт, що враховує зменшення площі усмоктування повітря конкретним пиловіддільником;

d – діаметр частинки пилу, m ;

v – кінематичний коефіцієнт в'язкості середовища, m^2/c ;

μ – коефіцієнт витрати повітря;

R_P – радіус ротора, m ;

L – довжина ротора, m ;

X – переріз.

Встановлено, що характер зміни радіусів циліндричних кілець по довжині ротора протипотокового відцентрового пиловіддільника підпорядковується лінійному закону. Ступінь нахилу цієї лінії прямо пропорційний геометричним розмірам ротора, і обернено пропорційний продуктивності пиловіддільника[4].

Аналіз залежності (1) показав, що збільшення радіуса ротора протипотокового пиловловлювача призводить до більш інтенсивного зростання радіусів додаткових кілець (рис. 2).

Для того, щоб характер зміни параметра R_{KK} при цьому залишався постійним (тобто не збільшувався), необхідно збільшити продуктивність пиловловлювача. Із зростанням значення цієї величини інтенсивність зростання значень радіусів кілець по довжині ротора зменшується (рис.3).

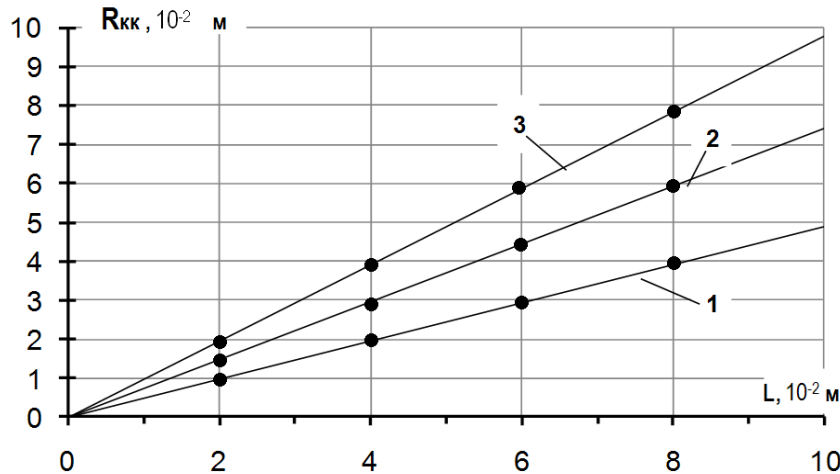


Рис.2. Характер зміни радіусів додаткових кілець пило вловлювача R_{KK} по довжині ротора L при різному його радіусі R_P : 1 – $R_P = 0,05$ м; 2 – $R_P = 0,07$ м; 3 – $R_P = 0,1$ м.

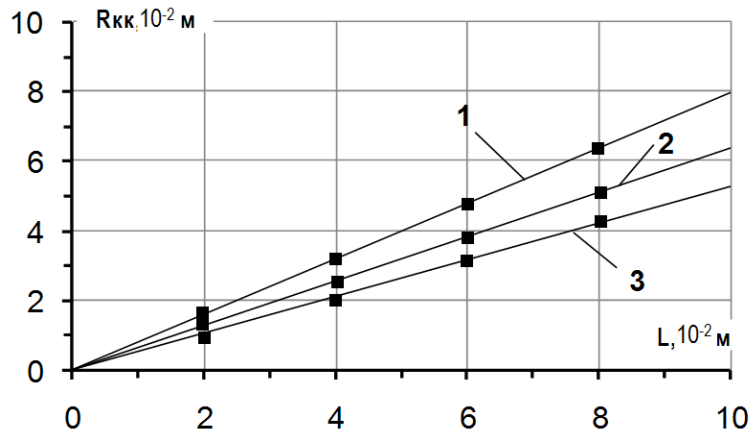


Рис.3. Характер зміни радіусів додаткових кілець R_{KK} по довжині ротора L при різній продуктивності пило вловлювача L_K : 1 – $L_K = 0,08$ м³/с; 2 – $L_K = 0,10$ м³/с; 3 – $L_K = 0,12$ м³/с.

При збільшенні довжини ротора L , як показує аналіз, радіус додаткових кілець зростає (рис. 4). Так, при збільшенні L в 1,5 рази максимальне значення радіуса кілець збільшується в 2,2 рази.

Оскільки з віддаленням від заглушеного торця пиловловлювача втрати швидкості повітря, яке всмоктується, зростають, то для затримання їх на одному рівні, радіус додатково встановлених кілець повинен збільшуватися відповідно до закону, який задається рівнянням (1).

Приймаючи, що витрати повітря описуються рівнянням (5), а саме [3]:

$$L_k = V_{вс} \cdot 2 \cdot \pi \cdot k_0 \sum_{i=1}^N R_{yi} \cdot b_i \quad (5)$$



де L_k – витрата всмоктуваного повітря між двома суміжними кільцями, m^3/s ;

V_{BC} – швидкість усмоктування повітря до пиловіддільника, m/s ;

b_i – відстань між кільцями пиловловлювача, m ;

k_0 – коефіцієнт, що враховує зменшення площі усмоктування повітря конкретним пиловіддільником;

R_{yi} – зміна радіуса умовного прохідного перерізу сегмента.

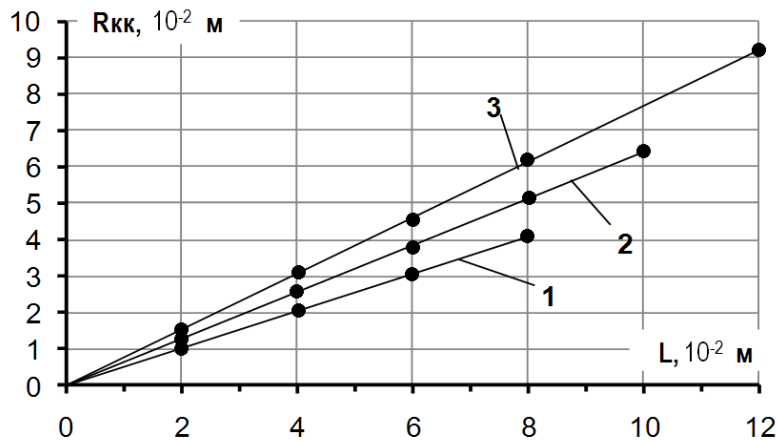


Рис.4. Характер зміни радіусів додаткових кілець R_{kk} по довжині ротора L при різному її значенні: 1 – 0,08 м; 2 – 0,1 м; 3 – 0,12 м.

Відстань між додатково встановленими кільцями протипотокового ротаційного пиловловлювача b можна визначити з виразу:

$$b = \frac{L_k \cdot d}{4019,2 \cdot L \cdot k_0 v} \cdot \frac{1 - \mu^2}{\mu^2}, \quad (6)$$

де L_k – витрата повітря пиловіддільником (тобто його продуктивність), m^3/s ;

d – діаметр частинки пилу, m ;

v – кінематичний коефіцієнт в'язкості середовища, m^2/s ;

μ – коефіцієнт витрати повітря.

Відстань між встановленими на відцентровому протипотоковому пиловіддільнику кільцевими пластинами, будучи прямо пропорційною зміні його продуктивності й обернено пропорційною довжині ротора, повинна перебувати в межах 7 - 12 мм.

Отримані залежності (4) і (6) дозволяють встановити закон зміни конструктивних параметрів протипотокового ротаційного пиловловлювача за критерієм рівномірності всмоктування ним повітря по довжині його ротора.

На частинку пилу масою m і густиною $\rho_{ч}$, яка рухається між площинами двох кілець пиловловлювача діють: сила $F_{рух}$, що виносить частинку пилу за межі кілець зі швидкістю $V_{рух}$;



відцентрова сила $F_{\text{вд}}$, яка створюється ротором пиловловлювача, що обертається; сила ваги частинки пилу $G_{\text{ч}} = mg$; сила інерції частинки пилу $F_{\text{ін}}$; сила всмоктування повітря до пиловловлювача $F_{\text{вс}}$ зі швидкістю $V_{\text{вс}}$.

Умови рівноваги сил, які діють на частинку пилу, що знаходяться між пластинами пиловловлювача, мають наступний вигляд:

$$\bar{F}_{\text{рух}} + \bar{F}_{\text{вд}} - \bar{F}_{\text{ін}} - \bar{F}_{\text{вс}} = 0. \quad (7)$$

Після відповідних перетворень, одержимо диференціальне рівняння, що описує характер руху частинки пилу між кільцями пиловіддільника, яке має вигляд:

$$\frac{dV_{\text{рух}}}{dt} - A \cdot V_{\text{рух}}^3 + B = 0. \quad (8)$$

$$\text{У цьому рівнянні: } A = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \rho}{8 \cdot m \cdot v}; \quad B = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \rho \cdot V_{\text{вс}}^3}{8 \cdot m \cdot v} - \omega^2 \cdot R_{\text{р}} + g,$$

де ρ – густина повітря кг/м^3 ;

ω – кутова частота обертання ротора пиловловлювача $1/\text{год}$;

t – час, год.

Найбільший шлях виносу буде у частинок пилу, які знаходяться між найбільшими встановленими кільцевими пластинами пиловловлювача.

Теоретичними дослідженнями встановлено, що зміни продуктивності пиловловлювача ($L_{\text{к}}$), довжини (L) і радіуса ($R_{\text{р}}$) його ротора на швидкість винесення частинки пилу з простору між двома найбільшими додатково встановленими пластинами майже не впливають.

Дуже малою залишається ця зміна і при варіюванні діаметра (d) частинок пилу. В усіх варіантах значення величини $V_{\text{рух}}$ є практично постійним і дорівнює $0,5 \text{ м/с}$.

Відчутний вплив на цей кінематичний параметр має частота обертання ротора відцентрового протипотокового пиловловлювача. Зростання частоти обертання ротора викликає збільшення відцентрової сили, що призводить до переміщення твердих частинок пилу за межі додатково встановлених кілець протипотокового повітряного очищувача.

Висновки. В результаті проведення досліджень та обґрунтування параметрів конструкції ротаційного протипотокового очищувача повітря з метою використання його в системі вентиляції кабін тракторів, було отримано раціональні значення конструктивних параметрів ротаційного протипотокового 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. Протипотоковий ротаційний пиловіддільник / *Ю.П. Рогач, І.М. Мохнатко* (Україна).- №2000031542; заявл. 20.03.2000; опубл. 15.08. 2001, Бюл №7.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ РОТАЦИОННОГО ПРОТИВОПОТОЧНОГО ОЧИСТИТЕЛЯ ВОЗДУХА С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО В СИСТЕМЕ ВЕНТИЛЯЦИИ КАБИН ТРАКТОРОВ

Мохнатко И.Н.

Аннотация – работа посвященна проблеме исследований по оптимизации эффективности очистки воздуха от пыли и обоснованию параметров конструкции ротационного противопотокового очистителя воздуха с целью использования его в системе вентиляции кабины трактора.

RESEARCH AND JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF THE DESIGN OF THE ROTATIONAL ANTILINE AIR PURIFIER FOR THE PURPOSE OF ITS USE IN SYSTEM OF VENTILATION OF CABINS OF TRACTORS

J. Mohnatko

Summary

Work is devoted to a problem of researches on optimization of efficiency of purification of air from a dust and to justification of parameters of a design of the rotational antistream air purifier for the purpose of its use in system of ventilation of a cabin of a tractor.