



УДК [631.3:614.712].001.4

## ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО ПРОТИПОТОКОВОГО ОЧИСНИКА ПОВІТРЯ

Мохнатко І.М., к.т.н.,

Рогач Ю. П., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (06192) 42-14-38

**Анотація** – Робота присвячена теоретичним дослідженням з обґрунтування конструктивних параметрів ротаційного протипотокового очисника повітря.

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

*Постановка проблеми.* Аналіз результатів зразків ротаційних протипотокових очисників повітря показав, що одним із основних недоліків протипотокового очисника повітря є нерівномірність розподілу повітряного потоку по його довжині, тому найбільш перспективним напрямком усунення цього недоліку є застосування в його конструкції зон місцевого опору (наприклад, перфорованої бічної поверхні).

*Аналіз останніх досліджень.* Використання ротаційних пиловловлювачів є одним із найефективніших засобів боротьби з підвищеною запиленістю в кабіні трактора через те, що на їх роботу не впливає зміна концентрації пилу, вологості, температури і рухливості зовнішнього повітря. Крім того, ротаційні пиловловлювачі мають меншу масу, розміри і витрати енергії, а також характеризуються меншими витратами на технічне обслуговування. Проте вони мають ряд недоліків, серед яких: складність конструкції, утворення завихрень у ділянці торцевого захисного кожуха, а також нерівномірний спектр швидкостей всмоктування по довжині ротора. Проблеми, пов'язані із запиленістю повітря й підтримкою необхідних параметрів мікроклімату у робочій зоні тракториста, вирішуються за допомогою установки в кабіну трактора надійної системи вентиляції, обов'язковим елементом якої є пиловідділення [1, 2, 3].

Проблемою при розробці систем вентиляції є складність врахування специфічних особливостей використання пилоочисних пристроїв на конкретному об'єкті.

*Формулювання цілей статті.* Метою цієї роботи являється проведення теоретичних досліджень з обґрунтування конструктивних параметрів ротаційного протипотокового очисника повітря.

*Основна частина.* Одним із основних недоліків протипотокового очисника повітря є нерівномірність розподілу повітряного потоку по його довжині, тому найбільш перспективним напрямком усунення цього недоліку є застосування в його конструкції зон місцевого опору (наприклад, перфорованої бічної поверхні). При цьому, якщо перфорацію поверхні очисника здійснити по всій його довжині, то при виборі його параметрів можна використовувати такий же методичний підхід, як і при розрахунку параметрів витяжного повітроводу із щілиною змінної ширини. При проведенні аналітичних досліджень повітроводів приймали наступні допущення, які було вже враховано при аналогічних розрахунках [ 1,2,3]:

- 1) коефіцієнт витрати по всій довжині щілини постійний;
- 2) поля швидкостей у поперечних перерізах повітроводу (пилочисника) рівномірні, що дозволяє вважати коефіцієнти Коріоліса й Буссінеска рівними одиниці;
- 3) коефіцієнт опору тертя по всій довжині повітроводу (пилочисника) постійний.

Правомірність першого допущення пояснюється тим, що характер впливу коефіцієнта витрати на динаміку процесу подачі або всмоктування повітря через свою складність мало вивчений.

Точно кажучи, розрахунок відцентрового протипотокового очисника повітря варто було б проводити з урахуванням питомих втрат на тертя й коефіцієнтів місцевого опору [3,4]. Однак, явища, які відбуваються в місцевих опорах, досить складні, і оскільки точних аналітичних залежностей для них не встановлено, то на першому етапі з достатньою для практики точністю можна зупинитися на сталості прояву даних параметрів, вважаючи друге й третє допущення коректними.

Конструкції відцентрового протипотокового пилувіддільника повітря, які ми досліджуємо, для забезпечення рівномірної швидкості всмоктування передбачається застосовувати циліндричні кільця різного діаметра (рис. 1), закон зміни якого й потрібно встановити [5].

По всій бічній циліндричній поверхні очисника розміщено  $n$  поздовжніх щілин, довжина кожної з яких дорівнює довжині ротора  $L$ . Поверхню над останнім можна умовно розділити на  $n$  об'ємних сегментів ABCDEFGH з кутом розхилу  $\gamma$  і круговими основами. Радіус нижнього з них приймаємо рівним радіусу ротора  $R_p$ , а радіус верхнього сегмента дорівнює зовнішньому радіусу кільця  $R_k$ . Ширина (товщина) кожного сегмента дорівнює відстані між суміжними кільцями очисника.

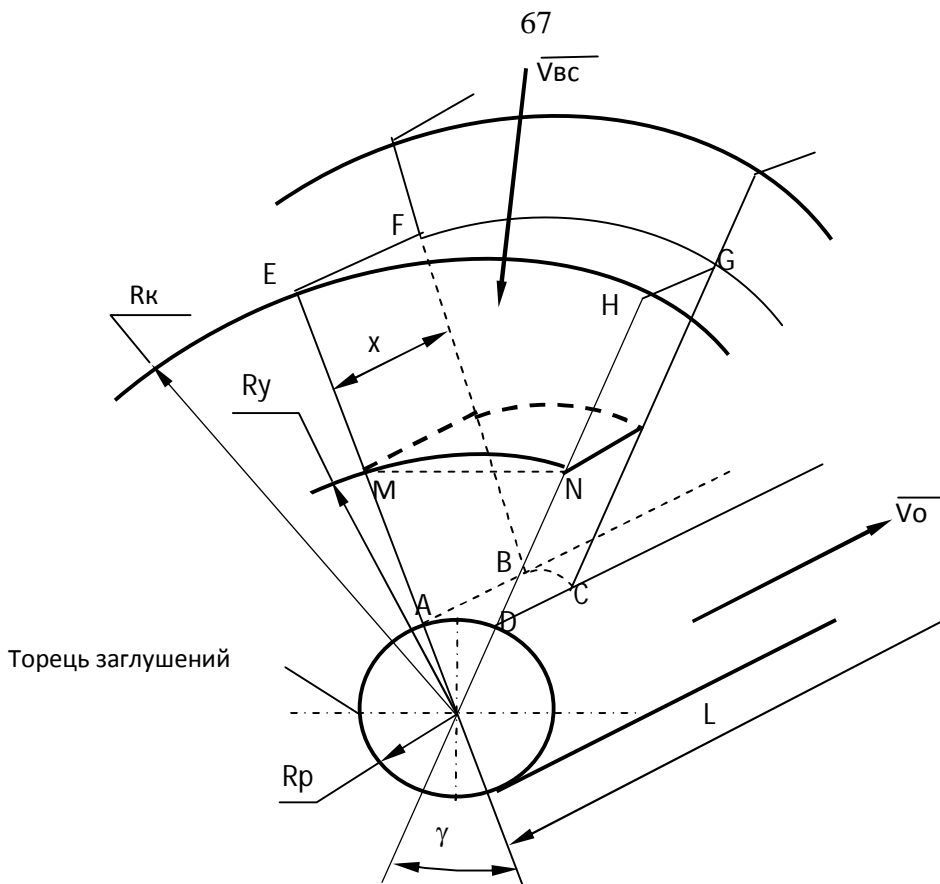


Рис.1. Схема відцентрового протипотокового очисника повітря з установленими на ньому кільцями:  $R_p$  – радіус ротора;  $R_k$  – зовнішній радіус кільця;  $R_y$  – радіус середнього перерізу.

У першу чергу мова йде про швидкість усмоктування повітря в пиловіддільник ( $V_{BC}$ ), і в загальному випадку вона може бути визначена з наступного виразу [1,2]:

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

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати повітря;  
 $\rho$  – щільність повітря,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $P_0, P_x$  – статичний тиск повітря усередині й поза пиловіддільником відповідно, Па.

Стосовно до об’єму, обмеженого перерізами  $X$  і  $X = 0^1$ , а також стінками пиловіддільника, скористаємося відомим рівнянням кількості руху в проекції на його поздовжню вісь [6]:

$$S \cdot (P_0 - P_x) - \int_0^x \phi_x \cdot P_v \cdot dx = S \cdot (P_0 - P_x) - \phi_x \cdot P_v \cdot x_0^x = S \cdot (P_0 - P_x) - \phi_x \cdot P_v \cdot x, \tag{2}$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу пиловіддільника,  $\text{м}^2$ ;  
 $\tau_x$  – напруга тертя повітря зі стінками повітроводу;  
 $P_v$  – периметр повітроводу, м;  
 $V_x$  – швидкість повітря у повітроводі пиловіддільника в перерізі  $X$ , м/с.

Слід зазначити, що при дотриманні умови сталості швидкості усмокування в кожному перерізі  $X$  справедливою є така рівність:

$$V_X = V_0, \quad (4)$$

де  $V_0$  – швидкість руху повітря у повітроводі пиловіддільника, м/с.

Швидкість усмокування повітря пиловіддільником можна виразити через його конструктивні параметри в такий спосіб:

$$V_{vc} = \frac{L_k}{2 \cdot \pi R_p L k_0}, \quad (4)$$

де  $L_k$  – витрата повітря пиловіддільником (тобто його продуктивність), м<sup>3</sup>/с;

$k_0$  – коефіцієнт, що враховує зменшення площі усмокування повітря конкретним пиловіддільником.

Тепер формула Рейнольдса буде мати такий вигляд:

$$Re = \frac{L_k \cdot d}{2 \cdot \pi R_p L k_0 \nu}. \quad (5)$$

Визначимо це число при вихідних даних, прийнятих для протипотокового ротаційного пиловіддільника, технічну характеристику якого викладено в методичному розділі дисертації [5]:

$$L_k = (0,05 \dots 0,12) \text{ м}^3/\text{с}; \quad d = (3 \dots 5) \cdot 10^{-6} \text{ м}; \quad R_p = 0,065 \text{ м};$$

$$L = 0,1 \text{ м}; \quad k_0 = 0,98; \quad \nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}.$$

У результаті розрахунків встановлюємо, що для частинок пилу розміром від  $5 \cdot 10^{-6}$  до  $8 \cdot 10^{-6}$  м (а питома вага в повітрі частинок із такими розмірами, як показують дослідження інших авторів [7,8], становить не менше 50%) число Рейнольдса становить 5...8 одиниць. Відповідно до цього приймаємо допущення, що режим течії повітря в пиловіддільнику - ламінарний. При такому режимі коефіцієнт опору тертя може бути визначений з наступної залежності [2]:

$$\lambda = \frac{64}{Re}.$$

Підставивши значення  $\lambda$  з останнього виразу з урахуванням виразу (5) остаточно одержимо:

$$R_{kk} = \frac{128 \cdot \pi \cdot R_p \cdot L \cdot k_0 \cdot \nu}{L_k \cdot d} \cdot \frac{\mu^2}{1 - \mu^2} \cdot X. \quad (6)$$

Аналіз залежності (6) проводили при наступних значеннях вхідних у неї величин:

$$\nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}; R_p = 0,05 \dots 0,10 \text{ м}; L = 0,08 \dots 0,12 \text{ м}; k_0 = 0,98$$

$$\mu = 0,25; \quad L_k = 0,08 \dots 0,12 \text{ м}^3/\text{с}; \quad d = (3 \dots 5) \cdot 10^{-6} \text{ м}; \quad X = 0 \dots L$$

Теоретично встановлене, що збільшення радіуса ротора протипотокового пиловіддільника ( $R_p$ ) приводить до більш інтенсивного зростання радіусів додаткових кілець. Так, якщо при  $R_p = 5 \cdot 10^{-2}$  м зна-

чення  $R_{\text{кк}}$  по довжині ротора змінюється від 0 до  $4,9 \cdot 10^{-2}$  м, те при  $R_p = 0,1$  м – від 0 до  $9,8 \cdot 10^{-2}$  м, тобто збільшується практично вдвічі.

Щоб характер зміни параметра  $R_{\text{кк}}$  при цьому залишався таким же (тобто не збільшувався), необхідно, як випливає з аналізу виразу (6), збільшити продуктивність пиловіддільника. Зі зростанням значення цієї величини інтенсивність наростання значень радіусів додаткових кілець по довжині ротора зменшується хоча й не так істотно, як при зміні параметра  $R_p$ .

Таким чином, при незмінному режимі роботи (очищення повітря) збільшення радіуса ротора протипотокового відцентрового пиловіддільника однозначно призводить до збільшення його зовнішніх габаритів.

*Висновки.* В результаті проведення теоретичних досліджень з обґрунтування конструктивних параметрів ротаційного протипотокового очисника повітря було визначено, що для забезпечення рівномірної швидкості всмоктування по всій довжині ротора доцільно застосувати циліндричні кільця різного діаметра, закон зміни яких було встановлено в результаті проведення досліджень.

*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. *Идельчик И.Е.* Справочник по гидравлическим сопротивлениям / *И.Е. Идельчик.* – М.: Машиностроение, 1975. – 559 с.
5. 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.
6. *Штокман Е.А.* Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности / *Е.А. Штокман.* – М.: Пищевая промышленность, 1989. – 312 с.
7. *Белянин П.Н.* Промышленная чистота машин / *П.Н. Белянин, В.И. Данилов.* – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.
8. *Якуба А.Р.* Анализ и оценка сил, действующих на частицы в сепараторах с закрученными потоками / *А.Р. Якуба, А.Н. Калашиников* // Вестник Сумского Государственного университета. – 1998. – №2(10).–С.41-45.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОСНОВАНИЮ  
КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТАЦИОННОГО  
ПРОТИВОПОТОЧНОГО ОЧИСТИТЕЛЯ ВОЗДУХА**

*Мохнатко И.Н., Рогач Ю. П.*

**Аннотация – работа посвящена проблеме теоретических исследований по обоснованию конструктивных параметров ротационного противопотокового очистителя воздуха.**

**THEORETICAL RESEARCHES ON JUSTIFICATION OF  
DESIGN DATA OF THE ROTATIONAL ANTILINE AIR PURIFIER**

*J. Mohnatko, Y. Rogach*

***Summary***

**Work is devoted to a problem of theoretical researches on justification of design data of the rotational protivopotokovy air purifier.**