

SECTION 1. Engineering science

***Savchenko-Pererva Marina***

***Radchuk Oleg***

**APPARATUS FOR COLLECTING A FINE-DISPERSED PRODUCT**

***Савченко-Перерва Марина Юріївна***

*К.т.н, доцент кафедри Інженерних технологій харчових виробництв*

*Факультет харчових технологій*

*Сумського національного аграрного університету*

*м. Суми, Україна*

***Радчук Олег Володимирович***

*К.т.н, доцент кафедри Інженерних технологій харчових виробництв*

*Факультет харчових технологій*

*Сумського національного аграрного університету*

*м. Суми, Україна*

**АПАРАТИ ДЛЯ УЛОВЛЮВАННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ  
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

*Summary.* The paper deals with the issue of the process of separating solid particles from air in the vortex devices with counter swirling flows (ACSF) with a cylindrical separation chamber. Due to the structural changes of the model, the input moment of the amount of motion in the primary flow is increased. Fractional and total efficiency equations.

*Keywords:* collecting, efficiency, vortex devices with counter swirling flows, improvement.

*Анотація.* В роботі розглянуті питання виділення твердих пилоподібних харчових частинок з повітря у вихрових апаратах із зустрічними закрученими потоками (АЗЗП) із циліндричною сепараційною камерою. За рахунок конструктивних змін типової моделі, підвищено вхідний момент кількості руху у первинному потоці. Розроблено рівняння фракційної та загальної ефективності.

*Ключові слова:* уловлювання, ефективність, апарати із зустрічними закрученими потоками, удосконалення.

### Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Дослідженню технологічних процесів сушіння та транспортування харчових продуктів присвячено велика кількість аналітичних джерел інформації. Але незважаючи на цей факт є багато питань, які потребують подальшого дослідження, а саме процеси пиловловлення. Процес пиловловлення в харчовій промисловості розглядається як вловлювання частинок харчових продуктів з потоку газу. Так в технологічних процесах сушіння та транспортування виникає необхідність відокремлення частинок, наприклад цукрової пудри, казеїну, борошна, розчинної кави, какао, барди, сухого молока та інших харчових пилоподібних продуктів. Для даних процесів успішно використовуються центробіжні пиловловлювачі (циклони), де тангенціально закручений потік газу створює поле центробіжних сил, в якому і здійснюється відокремлення частинок. Циклони з одним потоком газу доволі прості у виготовленні та експлуатації, але не забезпечують вловлювання частинок, розмір яких менше ніж 10 мкм, а загальна ефективність пиловловлення складає не більше 80%.

З метою удосконалення процесу уловлення частинок був запропонований відцентровий пиловловлювач нового типу - апарат із зустрічними закрученими потоками. В ньому, крім подачі запиленого повітря зверху, знизу, назустріч, подається приосьовий потік. Так, Г. Клейн і К. Шмідт [1] проводили

**«Practical applications of research findings»**

порівняльні дослідження циклонів і апаратів ЗЗП, що працюють в якості пиловловлювачів. Для порівняння були використані серійний апарат ЗЗП і два циклони різних конструкцій. На відміну від інших досліджень [2,3,4] порівняння проводилося при реальних режимах роботи апаратів, всі параметри були приведені до нормальних умов. У результаті виявилось, що фракційні коефіцієнти вловлювання циклону значно нижче, ніж у апарата ЗЗП при рівних витратах повітря і енергетичних витратах. А при рівній сепаруючій здатності циклон має вдвічі меншу продуктивність по газоочищенню при більшій (приблизно на одну третину) витраті енергії.

Але, незважаючи на такі переваги АЗЗП, немає даних про повну заміну традиційних технологій: відстоювання, фільтрування, використання прямоточних апаратів тощо. Це пояснюється, зокрема, відсутністю надійних методів розрахунку процесів, які відбуваються у вихрових камерах, що говорить про необхідність продовження їх вивчення.

Недоліком існуючої конструкції апарату із зустрічними закрученими потоками є знижений обертальний рух первинного потоку, який гальмує процес сепарації і призводить до зниження фракційної ефективності очищення середніх та дрібних фракцій пилу від газу.

Так, в АЗЗП до удосконалення при витратах потоків газу  $L_{ex2} : L_{ex1} = 2 : 1$ , моменти кількості руху  $M_{ex2} : M_{ex1} = 4 : 1$ . Одним із шляхів підвищення обертального руху первинного потоку твердих частинок пилу може бути усунення гальмуючого впливу моменту кількості руху у первинному потоці за рахунок вирівнювання співвідношень витрат потоків газу і моментів кількості руху, тобто підвищити  $M_{ex1}$  вдвічі.

У загальному вигляді імпульс руху на вході в АЗЗП розраховується рівнянням:

$$M_{ex} = m \cdot V_T \cdot r_0, \quad (1)$$

де  $m$  – маса тіла або повітря, кг;  $V_T$  – тангенційна швидкість, м/с;  $r_0$  – радіус входу, м.

Розглянемо елементарний струминок на вході. Загальний імпульс руху розрахуємо як добуток імпульсів руху елементарних струминок:

$$M_{\text{ex}} = \int 2 \cdot 3,14 \cdot \rho_{\text{нов}} \cdot r_0 \cdot V_{\text{зсер}} \cdot V_T \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot r \cdot dr.$$

(2а,б)

Звідки 
$$M_{\text{ex}} = \frac{2}{3} \cdot 3,14 \rho_{\text{нов}} \cdot V_{\text{зсер}} \cdot V_T \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot r_0^3,$$

де  $r = (r_{\text{зв}} - r_{\text{вн}})$  – радіус входу запиленого повітря у тангенційний завихрювач, м;  $\rho_{\text{нов}}$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>.

У більшості випадків, як було зазначено вище,  $\alpha = \beta = 90^\circ$ .

Для спрощення розрахунків приймаємо:

$$V_z = V_{\text{зсер}} = \frac{L_{\text{ex1,ex2}}}{\pi (r_{\text{зв}}^2 - r_{\text{вн}}^2)}, \quad (3)$$

де  $V_z$  – осьова швидкість, м/с;  $L_{\text{ex1,ex2}}$  – витрати повітря, м<sup>3</sup>/год;

$r_{\text{зв}}, r_{\text{вн}}$  – зовнішній та внутрішній радіуси тангенціального завихрювача, м.

Після підстановки значень рівняння (6) у (5б) одержали:

$$M_{\text{ex}} = \frac{2}{3} \rho_{\text{нов}} \cdot L_{\text{ex1,ex2}} \cdot V_{\text{ex}} \cdot \frac{r_{\text{зв}}^3 - r_{\text{вн}}^3}{r_{\text{зв}}^2 - r_{\text{вн}}^2}. \quad (4)$$

де  $V_{\text{ex}}$  – вхідна швидкість потоку повітря, м/с;

З рівняння видно, що необхідно збільшити діаметр нижньої частини АЗЗП, з метою збільшення імпульсу руху у первинному потоці осьового завихрювача.

Фракційна ефективність у внутрішньому та зовнішньому шарах

Провівши деякі перетворення [5], знайшли:

- рівняння ефективності у зовнішньому шарі:

«Practical applications of research findings»

$$\eta_{cep2} = d^2 \cdot \frac{\pi \cdot H \cdot \omega_0^2 \cdot \rho_T \cdot r_*^4 \cdot (r_0 + r_*) \cdot (\log(H) \cdot (r_{cep}^2 - r_0^2) + L_1 \cdot (r_0^2 - r_{cep}^2))}{9\mu \cdot L_1 L_2 \cdot (r_0 + r_{cep}) \cdot (r_{cep}^2 - r_0^2)} \quad (5)$$

де  $\omega_0$  – кутова швидкість обертання потоку, 1/с;  $L_1, L_2$  – витрати потоків у первинному та вторинному каналах, м<sup>3</sup>/год.;  $r_*$  – радіус границі роздвоєння потоків (постійна величина), м;  $r_0$  – радіус корпусу пиловловлювача (постійна величина), м;  $r_{cep}$  – середній радіус потоку (постійна величина для кожного з апаратів), м;  $H$  – висота сепараційної зони апарату, м;  $\mu$  – коефіцієнт динамічної в'язкості повітря, Па·с;  $\rho_T$  – густина твердих частинок сухого молока, кг/м<sup>3</sup>.

- рівняння ефективності у внутрішньому шарі:

$$\eta_{cep1} = d^2 \frac{\omega_0^2 \cdot \pi \cdot \rho_T \cdot r_*^5 \cdot H (\log(H) + L_1 \cdot (r_* - r_{cep}))}{9\mu \cdot L_1 L_2} \quad (6)$$

Теоретична загальна ефективність

Загальна ефективність АЗЗП після удосконалення буде розраховуватися за формулою:

$$\eta_{заг} = \sum \frac{\eta_2 \cdot f}{100} \cdot \frac{L_2}{L_3} + \sum \frac{\eta_1 \cdot f}{100} \cdot \frac{L_1}{L_3} \cdot \frac{\eta_{i2}}{100}, \quad (7)$$

де  $f$  – кількісне відсоткове співвідношення дисперсного розміру частинок.

Висновки.

Завдяки усуненню гальмуючого впливу моменту кількості руху у первинному потоці, за рахунок вирівнювання співвідношень витрат потоків газу і моментів кількості руху встановлено збільшення діаметру нижньої циліндричної частини пиловловлювача. Наведено рівняння для розрахунку фракційної та загальної ефективності пиловловлювачів.

### Література:

1. Klein, H. Vergleichende untersuchungen zwischen Drehstromungenstauber und Zyclon Verfahrenstechnik / H. Klein, P. Smidt , 1971.– V.5. – №8. – P.316–319.
2. Протодьяконов, И.О. Гидромеханические основы процессов химической технологии / И.О. Протодьяконов, Ю.Г. Чесноков // Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1987.– 360 с.
3. Пиралишвили, Ш.А. Исследование характера распределения осредненных параметров закрученного потока по объему камеры энергоразделителя вихревой трубы с дополнительным потоком / Ш.А. Пиралишвили, В.М. Кудрявцев // ИФЖ, т.62, №4, 1992.– С.534–538.
4. Догушев, В.А. Модель, методика расчета и решение задач формирования течения в циклонно – вихревых камерах : дис. ... канд. физ. мат. наук. / В.А. Догушев . – Минск. – 1984.– 314 с.
5. Савченко-Перерва, М.Ю. Підвищення ефективності апаратів із зустрічними закрученими потоками для харчової промисловості / М.Ю. Савченко-Перерва, О.Р. Якуба // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2015, № 3/10 (75). – С.43–48.