

УДК 681.3:665.66

¹С.О. Пузік, канд. техн. наук
²В.С. Шевчук, канд. техн. наук
³В.С. Манзій, канд. техн. наук
⁴В.І. Терьохін, канд. техн. наук

ХАРАКТЕР РУХУ ЧАСТИНОК ПИЛУ В РЕШІТКАХ ЖАЛЮЗІЙНИХ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ

¹НАУ, Інститут заочного і дистанційного навчання

E-mail: fapmobil@nau.edu.ua

^{2,3}НАУ, кафедра механіки

⁴НАУ, кафедра ремонту та експлуатації технічного обладнання заправки паливом

Визначено, які непружні частинки пилу проходять через щілини жалюзійних пиловловлювачів і викидаються в атмосферу. Показано, що для очищення повітря, насиченого здебільшого пружними частинками пилу, найбільш ефективно застосовувати жалюзійні пиловловлювачі.

It was determined, that almost all dust particles go through the chinks of the louvred dustcatchers and are brought in the atmosphere. It's the most effective to use the louvred dustcatchers for cleaning of dust-laden air.

Постановка проблеми

Атмосферне повітря в районах аеропортів завжди містить значну кількість пилу не тільки природного походження. Повітряні викиди машин, механізмів спеціального призначення, повітряних суден (ПС) та інші штучні й природні процеси, які відбуваються в аеропортах, значною мірою збільшують забрудненість повітря настільки, що з гігієнічних і технологічних міркувань виникає необхідність в його очищенні. Зокрема, обладнання об'єктів авіапаливозабезпечення не тільки виходить з ладу, а й спричиняє виконання технологічних процесів із порушенням існуючих норм допустимої концентрації пилу.

Узагальнені показники запиленості повітря наведено в праці [1]. Середньодобова концентрація атмосферного пилу (СКАП) 0,15 мг/м³ відповідає чистому ступеню забруднення повітря, а СКАП від 1 до 3 мг/м³ перевищує допустиме забруднення.

У реальних умовах концентрація пилу може бути більше 3 мг/м³, наприклад, у Криму та в інших південних районах України.

Забруднення атмосфери – одна з найважливіших соціальних проблем глобального характеру, для вирішення якої застосовують повітряні фільтри, які забезпечують:

- зменшення вмісту пилу в повітрі в місцях, де систематично перевищені допустимі норми;
- захист обладнання об'єктів авіапаливозабезпечення від пилу, який знижує його технічні показники;
- захист внутрішньої поверхні резервуарів, цистерн та інших ємкостей з пально-мастильними матеріалами (ПММ) від забруднення пилом;
- підтримання в приміщеннях лабораторій ПММ необхідної відповідно з технологічними вимогами чистоти повітря.

Мета цього дослідження – з'ясувати, якого розміру непружні частинки проходять через щілини жалюзійних пиловловлювачів і за допомогою вентилятора викидаються в довкілля.

Конструкція і принцип дії жалюзійних пиловловлювачів

Для очищення запиленого повітряного викиду існує широкий асортимент пиловловлювачів, серед яких чільне місце посідають жалюзійні пиловловлювачі сухого типу (рис. 1).

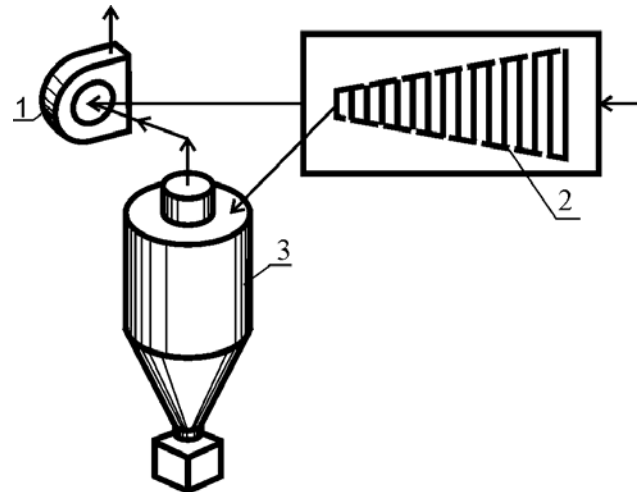


Рис. 1. Схема жалюзійного пиловловлювача:
1 – вентилятор; 2 – пластинчаста решітка; 3 – циклон

Основний елемент таких пристроїв – пластинчаста решітка 2, яка являє собою пакет пластинок (аналог жалюзів), розмішених під кутом до напрямку руху потоку повітря.

Завдяки цьому потік запиленого повітря, що обтікає решітку, розбивається на тонкі плоскі струминки, кожна з яких здійснює рух в щілині між двома сусідніми пластинами.

У результаті великі частинки пилу ударяються о пластинки, причому пружні частинки відскакують від пластинок під кутом, близьким до кута падіння, і тому не проходять через щілини, а, відскакуючи, збільшують концентрацію в основному потоці, який прямує з решітки 2 до циклону 3.

Менш пружні частинки і ті, що рухаються під більшими кутами до лінії жалюзі, проходять в щілини і залишаються в потоці повітря, що прямує до вентилятора 1.

Основне очищення відбувається в циклоні 3, в який з решітки надходить вже частково відсепароване повітря. Очищене в циклоні повітря приєднується до потоку з частинками, які пройшли через щілини в решітці, і викидається за допомогою вентилятора.

Об'єктом цього дослідження є тільки жалюзійна решітка пиловловлювачів типу ИП виробництва Лисичанського механічного заводу.

Жалюзійна решітка являє собою (рис. 2) конус з кутом 14° , утворений сталевими конічними кільцями з кутом 120° убуваючого діаметра, виконаними з пластин товщиною 2 мм.

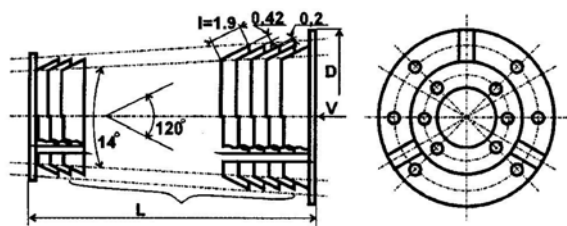


Рис. 2. Конструкція жалюзійної решітки

Відстань (щілина) між кільцями становить приблизно 4 мм.

Згідно з даними, наведеними в праці [1], залежно від типорозміру діаметр вхідного отвору D лежить в межах від 11,5 до 51,5 см, довжина L – в межах від 34,2 до 161,5 см, швидкість V повітря на вході – від 15 до 25 м/с, а пропускна здатність – від 560 до 18750 м³/год.

Система диференціальних рівнянь, яка описує рух частинок забруднення в жалюзійних решітках пиловловлювачів

Як приклад розглянемо частинки розмірами від 0,001 до 0,005 см та пиловловлювач типу ИП-1-115 з діаметром $D=11,5$ см, довжиною $L=34,2$ см та швидкістю повітря на вході 20 м/с. Передусім за умови нерозривності потоку визначалися середні швидкості на вході та виході зі щілин. Вони дорівнювали 261 см/с та 158 см/с відповідно.

Вважаючи рух повітря в щілинах рівномірним, за допомогою кінематичних залежностей визначали час $t=0,009$ с проходження потоку через щілини та уповільнення $\alpha_e = -11\,430$ см/с², з

$$\begin{cases} V_{\text{ае0}} = V_{\text{а0}} + \alpha_e t; \\ l = V_{\text{а0}} t + \frac{\alpha_e t^2}{2}, \end{cases}$$

де $V_{\text{вих}}$, $V_{\text{вх}}$ – швидкість на виході та вході відповідно; $l=1,9$ см – довжина твірної конічних кілець у пристрої.

Для досягнення мети досліджувався відносний рух частинок в окремих щілинах, одна з яких схематично зображена на рис. 3, разом з діючими на частинку силами.

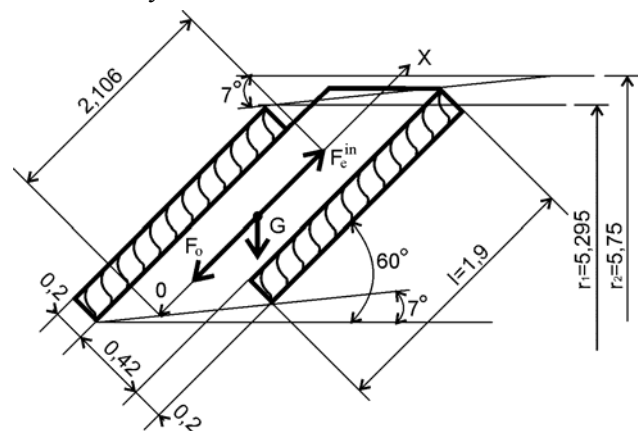


Рис. 3. Схема руху частинки в щілині

На частинку пилу діють переносна сила інерції

$$\vec{F}_e^{\text{і}} = -m\vec{\alpha}_e, \quad (1)$$

спрямована протилежно переносному прискоренню $\vec{\alpha}_e$, сила ваги $G = mg$ (m – маса частинки, $g = 981$ см/с² – прискорення вільного падіння) та сила опору, що визначається за формулою Стокса:

$$F_0 = 3\pi\mu dV_r, \quad (2)$$

де $\mu = 1,81 \cdot 10^{-4}$ дин/см – динамічний коефіцієнт в'язкості повітря; d – діаметр частинки, що береться за кульку; V_r – відносна швидкість частинки.

Маса частинки дорівнює

$$m = \frac{\pi d^3}{6} \rho, \quad (3)$$

де ρ – щільність частинки: $\rho = 2,67 \cdot 10^3$ г/см³.

Розглядаючи відносний рух частинки як прямолінійний уздовж осі OX , можна згідно з працею [2] записати диференціальне рівняння відносного руху частинки у вигляді

$$m\ddot{x} = F_e^{\text{і}} - F_0 - G \cos 30^\circ. \quad (4)$$

Після підстановки виразів (1)–(3) в рівняння (4) та спрощення остаточно маємо:

$$\ddot{x} = \alpha_e - \frac{18m\dot{x}}{d^2\rho} - g \cos 30^\circ, \quad (5)$$

де $\dot{x} = V_r$.

Розв'язання диференціального рівняння відносного руху частинки в жалюзійній решітці пиловловлювачів

Рівняння (5) розв'язували методом поділу змінних для знаходження переміщення x частинок у відносному русі за середній час $t = 0,009$ с переносного руху – переміщення потоку в щілині (див. таблицю).

**Результати розрахунків
для частинок різної величини d**

d , см	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
x , см	0,284	1,05	1,56	1,91	2,25

Наприклад, для частинок розміром $d=0,001$ см рівняння (5) має вигляд

$$\ddot{x} = 10580,5 - 1220\dot{x}$$

або

$$\frac{d\dot{x}}{dt} = 10580,5 - 1220\dot{x}.$$

Поділяємо змінні:

$$-\frac{d\dot{x}}{1220\dot{x} - 10580,5} = dt,$$

та інтегруємо обидві частини:

$$-\frac{1}{1220} \int_{261}^{\dot{x}} \frac{d(\dot{x} - \frac{10580,5}{1220})}{\dot{x} - \frac{10580,5}{1220}} = \int_0^t dt;$$

$$-\frac{1}{1220} \ln \left| \frac{\dot{x} - 8,67}{252} \right| = t,$$

звідки

$$\frac{\dot{x} - 8,67}{252} = e^{-1220t}$$

або

$$\dot{x} - 8,67 = 252e^{-1220t},$$

звідси

$$dx = (252e^{-1220t} + 8,67)dt.$$

Інтегруємо обидві частини:

$$x = -\frac{1}{1220} [252e^{-1220t} - 252] + 8,67t = -0,206e^{-1220t} + 0,206 + 8,67t.$$

Якщо $t = 0$, $x = 0$,

якщо $t = 0,009$ с, $x \approx 0,284$ см.

Висновки

1. Непружні частинки майже всі проходять разом з потоком через щілини в решітці, оскільки відносне переміщення $x > 0$, яке збігається з напрямком руху потоку в щілинах, а, отже, разом з цим потоком викидаються в атмосферу.

2. Жалюзійні пиловловлювачі найбільш ефективно застосовувати для очищення повітря, насиченого здебільшого пружними частинками, наприклад, в пустельних районах під час пилових бурь, а також в процесах, пов'язаних з машинним розрихленням і навантаженням ґрунтів.

Література

1. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. – М.: Стройиздат, 1974. – 208 с.
2. Курс теоретической механики. Т. 2/ Н.В. Бутенин, Я.Н. Лунц, Д.Р. Меркин и др. – М.: Наука, 1971. – 462 с.

Стаття надійшла до редакції 22.12.05.