

УДК 614.712

О.Г. Бутенко, канд. техн. наук, доц.,  
Є.В. Осипенко, інженер,  
С.Ю. Смик, спеціаліст,  
Одес. нац. політехн. ун-т

## ЗАМКНУТА СИСТЕМА ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ ДЛЯ ВУЗЛІВ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

*О.Г. Бутенко, Є.В. Осипенко, С.Ю. Смик.* **Замкнута система очистки повітря для вузлів перевантаження сипучих матеріалів.** Для замкнутої системи очистки повітря від пилових частинок запропоновано конструкцію аспіраційного апарата. Оцінено показники ефективності апарата. Приведено співвідношення для розрахунку динаміки показників ефективності елементів системи.

*А.Г. Бутенко, Е.В. Осипенко, С.Ю. Смык.* **Замкнутая система очистки воздуха для узлов перегрузки сыпучих материалов.** Для замкнутой системы очистки воздуха от пылевых частиц предложена конструкция аспирационного аппарата. Оценены показатели эффективности аппарата. Приведены соотношения для расчета динамики показателей эффективности элементов системы.

*A.G. Butenko, E.V. Osipenko, S.Yu. Smyk.* **The closed system of air clearing for loose materials loading units.** For the closed system of clearing air from dust particles the design of the aspiration device is offered. Parameters of efficiency of the device are estimated. The design ratio of efficiency parameters changes of the system elements of system is presented.

Практично всі промислові системи знепилювання газових потоків передбачають викидання очищеного газу у атмосферне повітря. Оскільки навіть очищений газ несе у собі залишкову концентрацію твердих частинок, то така “відкрита” схема завжди призводить до забруднення навколишнього середовища. Для технологічних процесів, у яких окрім утворення пилу утворюються ще й гази, що підлягають видаленню, наприклад, в енергетичних котлах на твердому паливі, відкрита схема є фактично безальтернативною. Разом з тим, існують виробництва або окремі їх стадії, на яких виділення пилу не супроводжується утворенням шкідливих газоподібних речовин. До їх числа, зокрема, можна віднести вузли перевантаження сипучих матеріалів, наприклад, вугілля, мінеральних добрив тощо. Для них може бути запропонована замкнута система, в якій очищене повітря із залишковим пилом не викидається в навколишнє середовище, а повертається до джерела забруднення і після цього знову потрапляє в очисну систему (рис. 1) [1]. Це підвищує рівень екологічної безпеки навколишнього середовища і дозволяє уникнути втрат сировини, що перевантажується: уловлений матеріал періодично вивантажується із циклона; у звичайному режимі знизу циклон закрито.

Очевидно, що замкнуті системи очищення можуть компонуватися тим же уловлюючим і нагнітальним обладнанням, що і відкриті. Відмінність полягає лише у апараті для аспірації пилогазових утворень — звичайні зонти використовуватись не можуть, оскільки їх конструкція не передбачає можливості повернення очищеного потоку [2]. Не може використовуватись і апарат збору неорганізованих викидів із аеродинамічною завісою, оскільки завіса (закручена струмина очищеного потоку кільцевої форми) буде сприяти додатковому пилоутворенню. Для вирішення такого роду завдань пропонується аспіраційний апарат, в якому, на відміну від [3], очищений потік не залишає апарат, а подається у центральну трубу супутно первинному потоку пилегазової суміші (рис. 2). Перевагою такої схеми є й те, що потік очищеного повітря завдяки ефекту ежекції створює вакуум на вході у центральну (збираючу) трубу, тобто кінетична енергія очищеного потоку не втрачається. Крім того, додаткове розрядження виникає і за рахунок вихорового характеру течії у кільцевому каналі [3]. Принциповий недолік системи — змінна у часі втрата повітря, що циркулює у системі, а отже відносна короткотерміновість процесу аспірації.

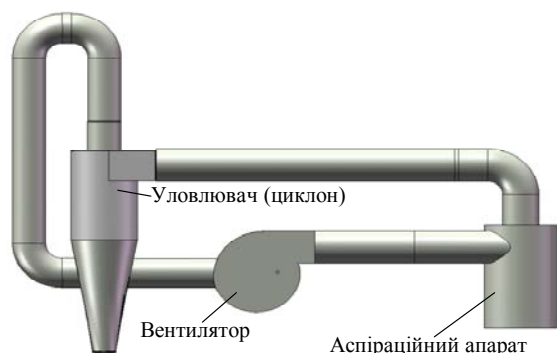


Рис. 1. Схема замкнутой системы очистки

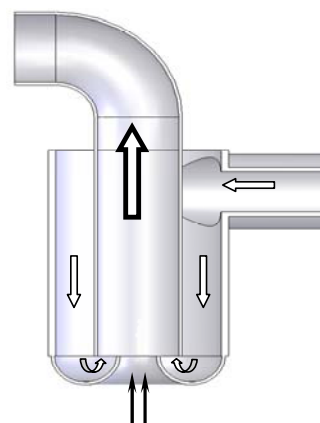


Рис. 2. Конструкция аспирационного аппарата

Эффективность аппарата, яка характеризується парціальним коефіцієнтом захоплення пилу  $\eta_i$ , у великій мірі залежить від гідродинамічних процесів у зоні збирання. Течія вивчалася за допомогою прикладного пакету SolidWorks, який дозволяє проводити числове моделювання течії газових потоків і визначати траєкторії руху твердих частинок у цих потоках [4]. Основні геометричні параметри відповідають апарату [3]. Задавалися швидкості забрудненого і очищеного потоку на виході із кільцевого каналу, тиск на виході із апарату, а також густина матеріалу пилових частинок  $\rho$ , їх розмір  $\Delta$ . При цьому пилові частинки вимушено вважалися сферичними, а їх взаємодія між собою не враховувалась. Такі припущення обумовлені обмеженнями прикладного пакету. Як засвідчують експериментальні дослідження, припущення практично не впливають на остаточні результати [5, 6].

Моделювання показало, що зона збирання апарату має майже циліндричну форму і поширюється від центральної труби до джерела пилоутворення. За результатами числового експерименту отримані графіки залежності коефіцієнта захоплення від розмірів пилових частинок для матеріалу різної густини і від співвідношення вертикальної складової швидкості потоку неорганізованого викиду до швидкості очищеного потоку  $\bar{u}$  (рисунок 3 і 4). З рисунків видно, що ефективність апарату тим більша, чим більша вертикальна швидкість неорганізованого пилегазового потоку. Для частинок будь-якої маси є своє значення  $\bar{u}$ , яке забезпечує стовідсоткове захоплення. Коефіцієнт  $\eta_i$  тим вищий, чим дрібніша фракція і чим легший матеріал.

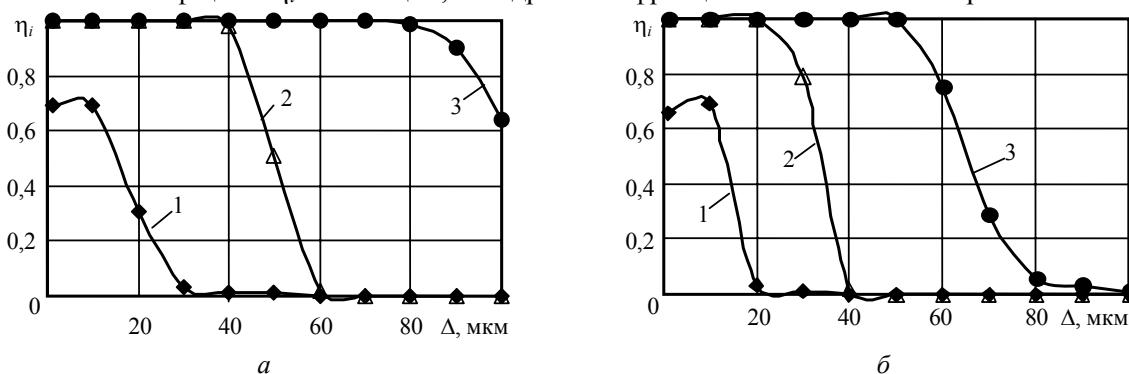


Рис. 3. Парціальна ефективність захоплення пилових частинок густиною  $1075 \text{ кг/м}^3$  (а) та  $4505 \text{ кг/м}^3$  (б) при:  $\bar{u} = 0,02$  (1);  $\bar{u} = 0,08$  (2);  $\bar{u} = 0,24$  (3)

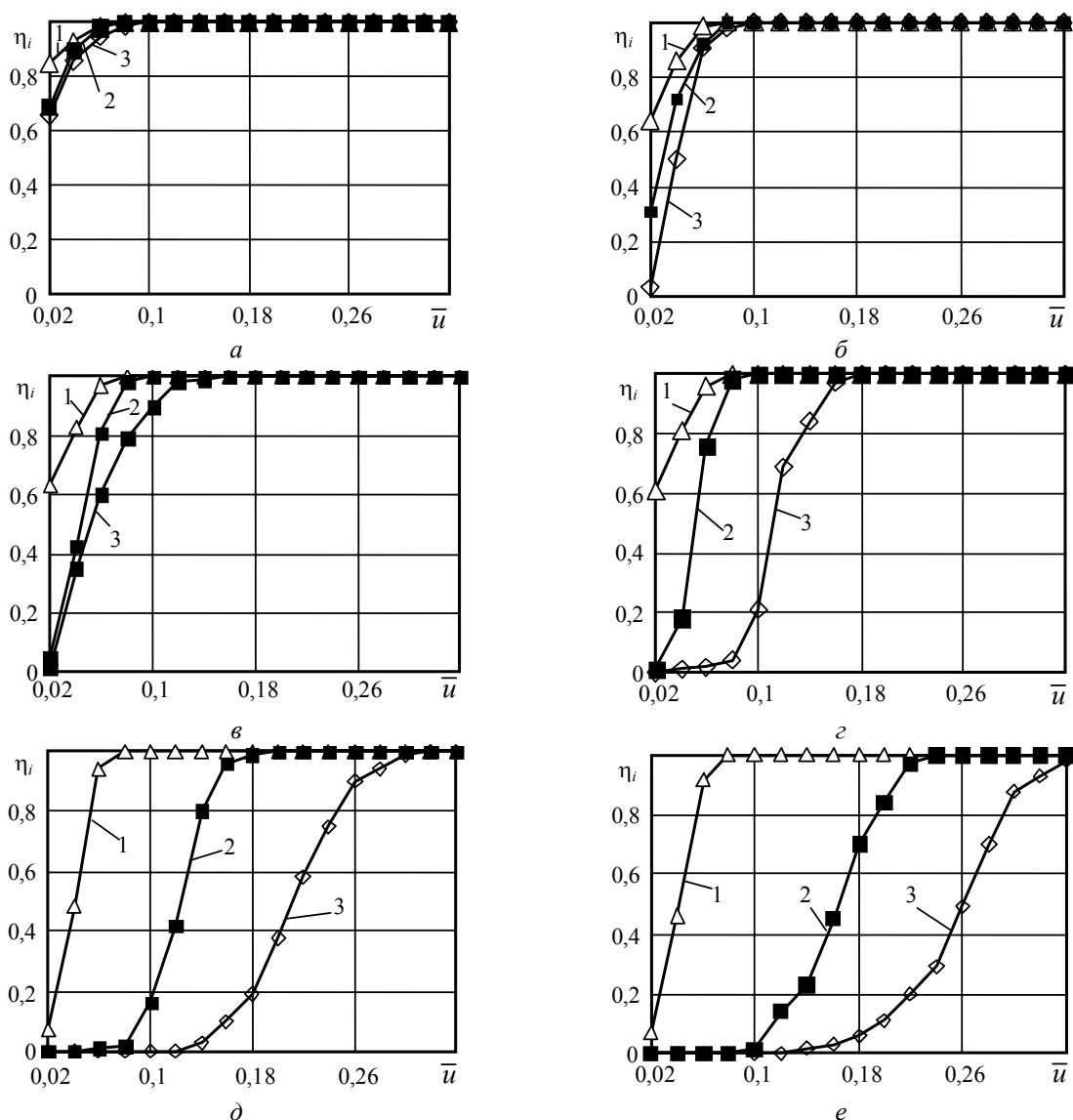


Рис. 4 Залежність  $\eta_i$  від співвідношення швидкостей  $\bar{u}$  для пилових частинок діаметрами 1 мкм (а), 20 мкм (б), 30 мкм (в), 40 мкм (г), 60 мкм (д),  $\Delta = 70$  мкм (е): густина матеріалу 1075 кг/м<sup>3</sup> (1), 4505 кг/м<sup>3</sup> (2), 8960 кг/м<sup>3</sup> (3)

Ефективність видалення із приміщення пилових частинок і їх уловлення залежить як від характеристик обладнання, так і від властивостей пилогазової суміші. Для визначеного матеріалу — це фракційний склад і концентрація. Характерною особливістю замкнутої системи очищення є те, що ці показники не є сталими у часі. Тому коефіцієнт уловлюючого апарату  $\eta_{ул}$  також змінюється. Розрахунок динаміки ефективності уловлювання можливий, якщо відома диференціальна крива розподілення маси у пилогазовій суміші  $N_i=f(\Delta)$ . У момент включення системи в роботу по кільцевому каналу рухається ще чисте повітря. Отже, у збираючу трубу надходить пил тільки від джерела. Тоді за відомими залежностями  $\eta_i=f(\Delta)$  і  $\eta_{ул,i}=f(\Delta)$  можна отримати криві розподілення захопленої маси

$$N_{3,i} = \eta_i N_i,$$

уловленої маси

$$N_{ул,i} = \eta_{ул,i} N_{3,i}$$

і маси проскоку

$$N_{\text{пр},i} = (1 - \eta_{\text{ул},i})N_{3,i},$$

яка знову надходить у аспіраційний апарат.

Повний коефіцієнт збираючого апарата

$$\eta = \sum_{i=1}^m \eta_i \frac{N_i}{100} \delta\Delta,$$

де  $N_i$  — процентний вміст частинок  $i$ -ї фракції у загальній масі;

$\delta\Delta$  — різниця між максимальним і мінімальним розмірами частинок фракції, мкм.

Секундна маса, захоплена апаратом,

$$M_3 = M\eta,$$

секундна уловлена маса

$$M_{\text{ул}} = M_3 \eta_{\text{ул}}$$

і секундна маса проскоку, котра повертається на вхід апарата,

$$M_{\text{пр}} = M_3(1 - \eta_{\text{ул}}),$$

де  $\eta_{\text{ул}} = \sum_{i=1}^m \eta_{\text{ул},i} \frac{N_{3,i}}{\eta_3 100} \delta\Delta$  — повний коефіцієнт уловлювання.

Перша ітерація розрахунків відповідає моменту часу, коли система вмикається в роботу. У цей момент і на протязі часу, коли пилогазова суміш ще не зробила повне коло по системі очищення,  $M_{\text{пр}}=0$ . Друга ітерація відповідає моменту, коли очищений потік досягнув аспіраційного апарата. Для нього диференціальна крива розподілення маси

$$N_{3,i}^{n=2} = \frac{M_3^{n=1} (N_{3,i} + N_{\text{пр},i})}{M_3^{n=2}},$$

де  $M_3^{n=1}$  і  $M_3^{n=2}$  — захоплені секундні маси для першої і другої ітерації відповідно, кг/с.

Далі розрахунки повторюються необхідну кількість раз, що дає змогу отримати залежність показників системи очищення у часі.

Відомо, що переважна більшість уловлювачів має нижчі парціальні коефіцієнти на дрібних фракціях [7]. Тому в процесі роботи замкнутої системи очищення диференціальна крива розподілення зміщується у бік дрібних фракцій. А, отже, після припинення виділення пилу необхідний деякий час “вибігу” системи, за який накопичений пил буде вловлено.

При розрахунку системи у режимі “вибігу” диференціальна крива для першої такої ітерації (а загалом  $n$ -ї ітерації) визначається за співвідношенням

$$N_{3,i}^n = \frac{N_{\text{пр},i} M^{n-1}}{M_{\text{пр}}^n},$$

де  $M^{n-1}$  — секундна маса, що надійшла у систему для попередньої,  $(n-1)$  ітерації, яка є останньою ітерацією при розрахунку роботи системи в умовах виділення пилу, кг/с.

Далі

$$N_{3,i}^n = \frac{N_{\text{пр},i} M_{\text{пр}}^{n-1}}{M_{\text{пр}}^n}.$$

Як засвідчують розрахунки, система досить швидко позбавляється накопиченої дрібнофракційної маси. Зазвичай достатньо трьох-чотирьох проходжень потоку через уловлювач, що в залежності від розмірів системи очищення потребує 2...3 хв “вибігу”.

Таким чином, отримані характеристики аспіраційного апарата дозволяють підібрати такі режимні параметри системи, які забезпечують найвищий захват пилових частинок з приміщення. Основними перевагами запропонованої замкнутої системи очищення повітря є уникнення забруднення навколишнього середовища і втрат перевантаженої сировини. Реалізація системи може бути втілена з використанням стандартного обладнання, доступних матеріалів, без значних капіталовкладень і швидко окупиться.

### Література

1. Бутенко, А.Г. Разработка улавливающего устройства твердых частиц в замкнутой системе очистки / А.Г. Бутенко, А.В. Силин // Энергетика та електрифікація. — К., 2007. — Вып. 3(283). — С. 29 — 31.
2. Бутенко, А.Г. Оценка эффективности двухконтурной замкнутой системы очистки газа (воздуха) / А.Г. Бутенко, Е.В. Осипенко, А.В. Силин // Экология и промышленность. — Харьков, 2008. — Вып. 3. — С. 53 — 57.
3. Бутенко, А.Г. Аппарат сбора и очистки загрязненных газов в замкнутой системе / А.Г. Бутенко, Е.В. Осипенко, С.Ю. Смык // Экология и промышленность. — Харьков, 2008. — Вып. 1. — С. 47 — 52.
4. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / [А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев и др.] — СПб.: ВХВ — Петербург, 2005. — 800 с.
5. Маслов, В.Е. Пылеконцентраторы в топочной технике / В.Е. Маслов. — М.: Энергия, 1977. — 208 с.
6. Певнев, А.О. Экспериментальное исследование распределения угольной пыли в криволинейных воздушно – пылевых потоках / А.О. Певнев // Обогащение неметаллических полезных ископаемых. — Свердловск, 1976. — Вып. 2. — С. 101 — 105.
7. Жабо, В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС: Учеб. для техникумов / В.В. Жабо. — М.: Энергоатомиздат, 1992. — 240 с.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Корольов О.В.

Надійшла до редакції 22 грудня 2008 р.