

УДК 614.712

О.Г. Бутенко, канд. техн. наук, доц.,
С.Ю. Смик, спеціаліст,
В.П. Насменчук, бакалавр,
Одес. нац. політехн. ун-т

ЗАМКНУТА СИСТЕМА ОЧИЩЕННЯ АСПІРАЦІЙНОГО ПОВІТРЯ ВІД ПОЛІДИСПЕРСНОГО ПИЛУ

О.Г. Бутенко, С.Ю. Смик, В.П. Насменчук. **Замкнута система очищення аспіраційного повітря від полідисперсного пилу.** Запропоновано замкнуту схему очищення повітря від пилу. У ній за рахунок зміни схеми руху повітря і без застосування дорогого очисного обладнання досягається значний екологічний ефект. Наведено методику розрахунку показників системи, яка проілюстрована на прикладі системи аспірації деревообробного цеху.

Ключові слова: замкнута система, очищення повітря, полідисперсний потік, показники системи, диференціальна крива розподілення.

А.Г. Бутенко, С.Ю. Смик, В.П. Насменчук. **Замкнутая система очистки аспирационного воздуха от полидисперсной пыли.** Предложена замкнутая система очистки воздуха от пыли. В ней за счет изме-

© Бутенко О.Г., Смик С.Ю., Насменчук В.П., 2012

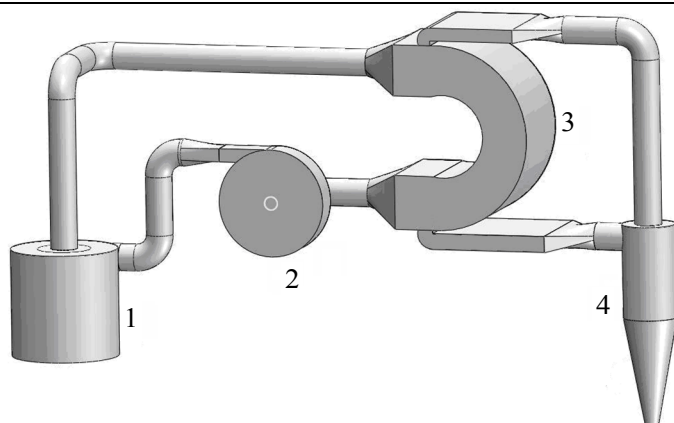


Рис. 1. Замкнута двоконтурна система очищення: 1 — вихоровий апарат, 2 — пиловий вентилятор, 3 — збагачувач, 4 — інерційний уловлювач

нення схеми движения воздуха и без применения дорогого очистительного оборудования достигается значительный экологический эффект. Приведена методика расчета показателей системы, которая проиллюстрирована на примере системы аспирации деревообрабатывающего цеха.

Ключевые слова: замкнутая система, очистка воздуха, полидисперсный поток, показатели системы, дифференциальная кривая распределения.

O.G. Butenko, S.Yu. Smyk, V.P. Nasmenchuk. The closed system of purification of aspiration air from a polydisperse dust. The closed system of purification of air from dust is offered. In it, due to the change of the air motion pattern and without the use of expensive cleaning equipment a considerable ecological effect is achieved. A method of calculating the indicators of the system, which is illustrated by the example of woodworking shop aspiration system, is given.

lating the indicators of the system, which is illustrated by the example of woodworking shop aspiration system, is given.

Keywords: closed system, purification of air, polydisperse stream, indicators of the system, differential curve of distribution.

На переважній більшості невеликих виробництв аспіраційне повітря, що відбирається з запилених приміщень, очищується в інерційних уловлювачах. Враховуючи їх невисоку ефективність, очевидно, що проскок пилу у навколишнє середовище є значним і часто перевищує 15...20 % від початкової маси. Такі показники не відповідають сучасним нормам екологічної безпеки, але заміна інерційних уловлювачів (циклонів) на більш ефективні апарати стримується, насамперед, економічними міркуваннями. Відомо, що в умовах досить низької норми плати за викиди пилу в атмосферне повітря підприємствам вигідно заощаджувати на сучасних і досить дорогих системах пиловловлення.

Виходом із ситуації, що склалася, може бути використання замкнутої двоконтурної системи очищення (ЗДСО) (рис. 1). Запилене повітря, що захоплюється у систему аспірації вихоровим апаратом, потрапляє у збагачуючий елемент. У ньому повітря ділиться на транзитний потік з об'ємною витратою $Q_{\text{тр}}$ і потік циркуляційного контура з об'ємною витратою $Q_{\text{ц}}$. При цьому $Q_{\text{ц}} \ll Q_{\text{тр}}$, а концентрація пилу $C_{\text{ц}} \gg C_{\text{тр}}$. Це дозволяє використовувати значно компактніший циклон, а отже суттєво знизити втрати потужності у ньому і підвищити його ефективність.

Сума секундної маси пилу у транзитному потоці $M_{\text{тр}}$ і маси проскока уловлювача $M_{\text{пр}}$ складає залишкову масу пилу у очищеному повітрі. Це повітря надходить на вихід вихорового апарата, а потім знову захоплюється у систему очищення.

У цілому ефективність ЗДСО залежить як від показників її окремих елементів, так і від властивостей пилу (фракційного складу та густини частинок). Про динаміку показників системи можна судити на прикладі її застосування для очищення аспіраційного повітря з деревообробного цеху ВАТ "Нова" (м. Нова Каховка). В якості нагнітача для цієї системи рекомендований пиловий вентилятор ВР 88-72.1 вентиляторного заводу "Горизонт". Його подавання на систему в цілому складає $Q=0,333 \text{ м}^3/\text{с}$. У збагачувачі, розрахованому у відповідності до [1], це повітря ділиться на $Q_{\text{тр}}=0,308 \text{ м}^3/\text{с}$ і $Q_{\text{ц}}=0,025 \text{ м}^3/\text{с}$. Конструктивні і експлуатаційні характеристики циклона для циркуляційного контура розраховані у відповідності до методики [2], вихорового збираючого апарата — у відповідності до [3].

Густина пилу ρ приймалася за характеристиками деревини, що обробляється, і складає 700 кг/м^3 . Фракційний склад визначався ситовим методом, за результатами якого розрахована диференціальна крива розподілення $N_{\text{дж}}=f(\Delta)$. Маса кожної фракції виділеного пилу

$$M_{\text{дж}i} = M_{\text{дж}} N_{\text{дж}i} \frac{\delta\Delta}{100} .$$

За відомими залежностями ефективності первинного $\eta_3=f(\Delta)$ і вторинного $\eta_{\text{вт}}=f(\Delta)$ захоплення пилу вихором апаратом розраховуються маси кожної фракції захопленого пилу як

$$M_{3i} = M_{\text{дж}i} \eta_{3i} + (M_{\text{тп}i} + M_{\text{пр}i}) \eta_{\text{вт}} ,$$

де $\delta\Delta$ — різниця максимального і мінімального розмірів частинок даної фракції (весь інтервал розмірів пилових частинок поділений на 10 фракцій з $\delta\Delta=20 \text{ мкм}$);

$M_{\text{тп}i}$ і $M_{\text{пр}i}$ — маси пилу відповідних фракцій у транзитному потоці і у пилу проскока циклона. ДКР захопленої маси

$$N_{3i} = \frac{M_{3i}}{M_3} \frac{100}{\delta\Delta} .$$

У збагачуючому елементі пил поділяється на масу циркуляційного контура

$$M_{\text{ц}i} = M_{3i} \eta_{3\text{б}i} , \quad M_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^{10} M_{\text{ц}i}$$

і транзитну масу

$$M_{\text{тп}i} = M_{3i} (1 - \eta_{3\text{б}i}) , \quad M_{\text{тп}} = \sum_{i=1}^{10} M_{\text{тп}i} ,$$

де $\eta_{3\text{б}}=f(\Delta)$ — ефективність збагачення.
Іх ДКР

$$N_{\text{ц}i} = \frac{M_{\text{ц}i}}{M_{\text{ц}}} \frac{100}{\delta\Delta} , \quad N_{\text{тп}i} = \frac{M_{\text{тп}i}}{M_{\text{тп}}} \frac{100}{\delta\Delta} .$$

Маса пилу, уловленого у циклоні

$$M_{\text{ул}i} = M_{\text{ц}i} \eta_{\text{ул}i} , \quad M_{\text{ул}} = \sum_{i=1}^{10} M_{\text{ул}i} ,$$

де $\eta_{\text{ул}}=f(\Delta)$ — парціальна ефективність циклона.
ДКР уловленої маси

$$N_{\text{ул}i} = \frac{M_{\text{ул}i}}{M_{\text{ул}}} \frac{100}{\delta\Delta} .$$

Маса проскока

$$M_{\text{пр}i} = M_{\text{ц}i} (1 - \eta_{\text{ул}i}) , \quad M_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^{10} M_{\text{пр}i} .$$

Ії ДКР

$$N_{\text{пр}i} = \frac{M_{\text{пр}i}}{M_{\text{пр}}} \frac{100}{\delta\Delta} .$$

Маса вторинного пилу

$$M_{вт i} = M_{пр i} + M_{тр i}, \quad M_{вт} = \sum_{i=1}^{10} M_{вт i}.$$

Її ДКР

$$N_{вт i} = \frac{M_{вт i}}{M_{вт}} \frac{100}{\delta \Delta}.$$

Маса пилу, що осідає у приміщенні,

$$M_{ос i} = M_{дж i}(1 - \eta_{з i}) + M_{вт i}(1 - \eta_{вт i}),$$

Розрахунок динаміки показників ЗДСО проводиться з кроком у часі

$$\Delta t = L/v,$$

де L — довжина трубопроводної системи, м;

v — середня швидкість течії повітря, м/с.

Перша ітерація ($n=1$) відрізняється від наступних тим, що для неї $M_{тр}=M_{пр}=0$. Закінчується вона визначенням $M_{вт1}$ і $N_{вт1}$, які використовуються для розрахунку $M_{з2}$ у другій ітерації. Кількість необхідних кроків розрахунків визначається загальним часом (часом розгону), протягом якого показники ЗДСО асимптотично наближаються до стаціонарних значень і далі вже не змінюються.

Оскільки по ЗДСО циркулює пил, то навіть після завершення роботи основного обладнання цеху (припинення виділення пилу) потрібен певний час на самоочищення — час вибігу. Показники системи у цей період роботи визначаються за наведеним співвідношенням з тією різницею, що $M_{дж}=0$.

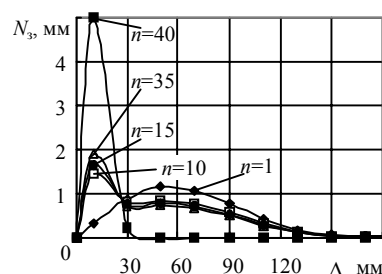
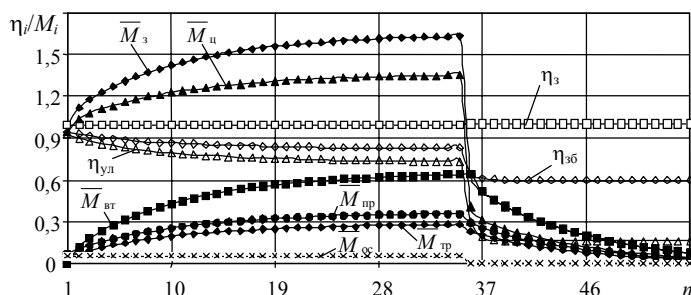
Динаміка показників системи, розрахованих за приведеними співвідношеннями, наведена у графічній формі на рис. 2, тут перші 35 ітерацій — основний режим роботи системи, з 36 по 55 — вибіг; \bar{M}_j — секундні маси пилу, приведені до $M_{дж}$.

З графіків можна зробити такі висновки:

— Маса пилу, що захоплюється вихровим апаратом протягом розгонного часу зростає. Це відбувається за рахунок дрібнофракційного пилу, який складає транзитну масу збагачувача і масу проскакування циклона (рис. 3). Ці маси на протязі усього розгінного періоду зростають, що пояснюється характером залежностей $\eta_{зб} = f(\Delta)$ і $\eta_{ул} = f(\Delta)$ — чим менший розмір фракції, тим менші $\eta_{зб}$ і $\eta_{ул}$.

— Ефективність уловлювання циклона $\eta_{ул}$ знижується як у розгінному режимі, так і при вибігу. Це пояснюється збільшенням долі дрібнофракційного пилу у загальній масі (особливо це характерно для режиму вибігу, оскільки тут по системі циркулює тільки неуловлений раніше пил дрібних фракцій). Утім, оскільки система замкнута, таке зниження не позначається на екологічних показниках системи, а впливає тільки на час вибігу.

— Маса пилу, що осідає у приміщенні цеху, залежить від ефективності первинного η_3 і вторинного $\eta_{вт}$ захоплення та для даної ЗДСО складає у розгінному режимі лише $0,006M_{дж}$, а у режимі вибігу швидко набуває нехтовно малих значень.



*Рис. 2. Динаміка показників ЗДСО**Рис. 3. ДКР захопленої маси*

Таким чином, значний екологічний ефект у ЗДСО досягається за рахунок оптимізації руху газових потоків, що не потребує високоефективного та дорогого обладнання. Модернізація звичайної системи знепилювання не вимагає значних капіталовкладень і спеціальної підготовки технічного персоналу.

Література

1. Бутенко, А.Г. Замкнутая система очистки газа с обогащающим элементом / А.Г. Бутенко, А.В. Силин // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2008. — №. 5. — С. 61 — 64.
2. Жабо, В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС / В.В. Жабо. — М.: Энергоатомиздат, 1992. — 240 с.
3. Бутенко, А.Г. Аппарат сбора загрязненных газов в замкнутой системе очистки/ А.Г. Бутенко, Е.В. Осипенко, А.В. Силин // Экология и промышленность: Науч.-произв. журн. — Харьков, 2008. — Вып. 1. — С. 47 — 52.

References

1. Butenko, A.G. Zamknutaya sistema ochistki gaza / [The Closed System of Purification of Gas with Enriching Element] / A.G. Butenko, A.V. Silin // Energotekhnologii i resursosberezhenie [Energotechnology and Cost-Effective Use of Resources]. — 2008. — # 5. — pp. 61 — 64.
2. Zhabo, V.V. Okhrana okruzhayushchey sredy na TES I AES [Environmental Protection at Thermal and Nuclear Power Plants] / V.V. Zhabo. — Moscow, 1992. — 240 p.
3. Butenko, A.G. Apparat sbora zagryaznennykh gazov v zamknutoy sisteme ochistki/ [The Device for Collecting Polluted Gases in the Closed Cleaning System] / A.G. Butenko, E.V. Osipenko, A.V. Silin // Ekologiya i promyshlennost': Nauch.-proizv. zhurn. [Ecology and Industry: Journal of Research & Production]. — Khar'kov, 2008. — Issue 1. — pp. 47 — 52.

Рецензент д-р техн, проф. наук Одес. нац. політехн. ун-ту Буров О.І.

Надійшла до редакції 18 лютого 2012 р.