

# ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

УДК 621.928.9

*Батлук В.А., Батлук В.В., Шибанова А.М.  
НТУ "Львівська політехніка"*

## ОЧИСТКА ПОВІТРЯ ВІД ПИЛУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

Визначені небезпечні фактори і шкідливі виробничі явища при проведенні технологічних процесів складально-монтажних робіт при виробництві радіоелектронної апаратури, з яких вибраний фактор виділення шкідливих речовин при проведенні технологічних процесів. Запропонований принципово новий метод очистки повітря від шкідливих речовин, який забезпечує доведення викидів до норм ГДК.

**Ключеві слова:** пиловловлювач, жалюзійний відокремлювач, пил, дисперсний склад, циклон, математична модель.

Определены опасные и вредные производственные факторы при проведении технологических процессов сборочно-монтажных работ при производстве радиоэлектронной аппаратуры, из которых выбран фактор выделения вредных веществ при проведении технологических процессов. Предложен принципиально новый метод очистки воздуха от вредных веществ, который обеспечивает доведение выбросов до норм ПДК.

**Ключевые слова:** пылеуловитель, жалюзийный отделитель, пыль, дисперсный состав, циклон, математическая модель

The dangerous factors and unhealthy industrial effects on application of technological process of electronic production are defined. The proposed new method of air cleaning to hazardous substance provides reduction of discharge to standard.

**Keywords:** dust catcher, jalousie separator, dust, dispersible composition, cyclone, mathematical model

В процесах обробки матеріалів на металообробних верстатах утворюється велика кількість пилу колоїднодисперсних систем (з розміром частинок менших за  $5 \cdot 10^{-5}$  м), зменшити кількість яких до певних величин, які обмежені нормами гранично-допустимих концентрацій (ГДК) і викидів (ГДВ), сучасними методами неможливо.

Операції очистки від забруднення - допоміжні і йдуть за основними виробничими операціями, але в безвідходних технологічних схемах невідривно пов'язані з ними. При цьому частіше відходи переробляються в продукцію, необхідну для задоволення потреб підприємства. У випадку, коли комплекс проведених міроприємств не знижує концентрацію шкідливих речовин до гранично допустимих концентрацій, то викиди необхідно надавати очищенню.

**Постановка завдання.** При всіх існуючих методах очистки повітря від пилу прекрасні результати досягаються при вловленні великодисперсних частинок, а дрібнодисперсні частинки аерозолі при цьому неможливо вивести з пилоповітряного потоку, а їх частка в загальному об'ємі колосальна, тому в даний час створена ціла серія двоступеневих апаратів відцентрово-інерційної дії, які суміщають в одному корпусі ефект відцентрового виділення великодисперсних частинок аерозолі і ефект інерційного розділення при проходженні через жалюзі відокремлювача певної конструкції, встановленого коаксіально корпусу апарата. Вдосконаленню апаратів такого типу і присвячена представлена робота, в якій ставиться завдання підвищити ефективність і зменшити енерго- та металоємність ві-

дцентрово-інерційних пиловловлювачів і досягти в них можливості однаково ефективно вловлювати пил з різними фізичними, хімічними та морфометричними якостями.

**Виклад основного матеріалу.** Недоліком відцентрово-інерційних пиловловлювачів з жалюзійним відокремлювачем є неможливість регулювання кута повороту його жалюзі в залежності від типу, розміру і якостей пилу та технологічних режимів роботи установки (зокрема, розходу і швидкості руху повітря), тобто для всіх типів пилу жалюзі відокремлювача мають одне, точно зафіксоване положення, що робить його малоефективним при вловленні полідисперсного пилу (наприклад при шліфуванні, метало- деревообробці тощо).

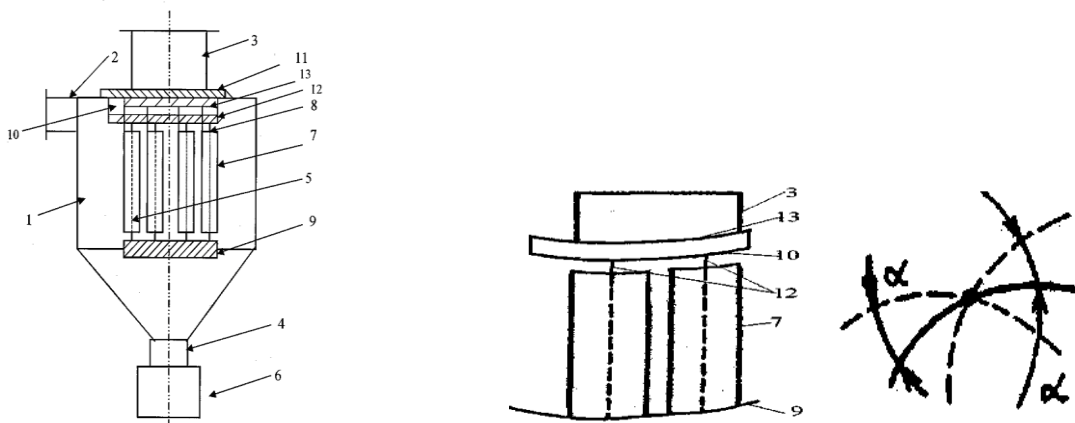
Ми поставили перед собою завдання створити пиловловлювач для полідисперсного пилу, в якому підвищення ефективності роботи досягається шляхом автоматичного самовстановлення жалюзі, що забезпечує для даного типу, розміру, якостей пилу і режимів роботи установки, створення мінімального кута атаки (кута між напрямком руху потоку і площиною кожної жалюзі).

Існують пиловловлювачі, в яких встановлення оптимального кута повороту жалюзі відбувається природним шляхом, тобто відбувається самовстановлення жалюзі в залежності від типу пилу і технологічних режимів роботи установки. Але не завжди цей кут забезпечує мінімальний кут атаки, через те, що пил – полідисперсний і його склад не відповідає медіанному діаметру і в умовах виробництва визначення дисперсного складу пилу декілька разів на день є задачею, яку неможливо виконати. Крім того, в залежності від тиску і концентрації пилу змінюються і технологічні параметри роботи установки, тобто розхід повітря в стенді і швидкості входу пилогазової суміші в апарат, тобто існує певна досить довга в часі інертність у реєстрації цих параметрів, що в свою чергу приводить до встановлення не мінімального кута повороту жалюзі. Чим більший кут атаки, тим гострішим стає кут, під яким пилоповітряна суміш попадає в щілини між жалюзі відокремлювача, і тим більше частинки пилу відстають від потоку і тим ближче до зовнішньої кромки жалюзі (в сторону корпусу апарата) частинки пилу стикнуться з жалюзі і тим більша ймовірність їх відбиття в сторону зовнішньої стінки корпусу, де рухається грубодисперсний пил, тобто все це веде до збільшення ефективності очистки. Крім того, можливість автоматичного регулювання кута атаки дає можливість за допомогою ЕОМ встановлювати певний кут повороту жалюзі в залежності від типу, якостей, розміру пилу і режимів роботи установки, тобто підбирати для них оптимальний кут атаки, регулюючи таким чином процес пилоочистки. Тобто така конструкція жалюзійного відокремлювача дозволяє інтенсифікувати процес вловлювання полідисперсного пилу, встановлюючи (за допомогою ЕОМ) оптимальні умови вловлення пилу в залежності від його характеристик, а також від технологічних параметрів установки (швидкості, втрат повітря, гідравлічного тиску тощо). Знаючи наперед характеристики пилу, який нам необхідно вловити, ми за допомогою ЕОМ і системи автоматики повертаємо патрубок для виходу чистого повітря, а з ним і регулюємо кільце таким чином, щоб жалюзі відокремлювача повернулися навколо вертикальної осі так, щоб створити оптимальний кут атаки для цього типу пилу і забезпечити йому умови найсприятливішого вловлення.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинний перевищувати встановлені гранично-допустимі концентрації (ГДК) - обов'язкові санітарні норми при проведенні технологічних процесів (регулюються ГОСТом 12.1.005-88 і СН 245-71).

При проведенні технологічних процесів складально-монтажних робіт при виробництві радіоелектронної апаратури виділяється полідисперсний пил, вміст дрібнодисперсних частинок (менших за  $10 \cdot 10^{-6}$  м) в якому досягає порядку 80%, а тому-то величина ефективності вловлення пилу в циклонах не дає змоги довести викиди до норм ГДК. З цією метою нами запропонований відцентрово-інерційний пиловловлювач, загальний вигляд якого наведений на рис. 1, який працює наступним чином. Через тангенціальний патрубок 2 пилоповітряна суміш вводиться в корпус апарата 1, де вона гвинтоподібно обертається на-

вколо патрубку для виходу очищеного повітря 3. Тут на потік діє відцентрована сила, яка відкидає грубодисперсні частинки пилю до стінки корпусу 1. Таким чином здійснюється первинна очистка повітря від грубодисперсного пилю і в результаті – найбільш забруднене повітря рухається вздовж стінки корпусу 1. Частинки пилю, що залишилися з повітрям, захоплюються потоком, що рухається вздовж жалюзійного відокремлювача 5 і за рахунок своєї інерції не встигають за ним, і або відкидаються жалюзі відокремлювача до потоку, який рухається вздовж корпусу 1 і транспортує їх до пиловипускного патрубку 4, а через нього – в бункер 6, або рухається вздовж жалюзійного відокремлювача вниз у напрямку патрубку 4 і бункера 6. Таким чином, при проходженні через жалюзійний відокремлювач 5 відбувається вторинна очистка потоку від дрібнодисперсного пилю.



**Рис. 1. Пиловловлювач для полідисперсного пилю.**

1 – корпус; 2 – тангенційний вхідний патрубок; 3 – патрубок для виходу чистого повітря; 4 – патрубок для виходу пилю; 5 – жалюзійний відокремлювач; 6 – бункер; 7 – жалюзі; 8 – вісь; 9 – дно; 10 – кільце; 11 – сальник; 12 – направляючий штир; 13 – регулююче кільце..

Обертаючи патрубок для виходу чистого повітря 3 навколо своєї осі (вручну або автоматично) ми створюємо зусилля обертання, яке через регулююче кільце 13 і направляючий штир 12 повертає жалюзі 7 на кут від 0 до 60 градусів. Таким чином змінюється кут атаки (кут між напрямом руху потоку і площиною кожної з пластин жалюзі), який визначає оптимальні умови вловлення кожної складової полідисперсного пилю, або кожного конкретного виду пилю. Визначивши оптимальні кути атаки для цілого ряду пилю і внівши ці дані в ЕОМ, ми зможемо в подальшому автоматично або вручну, запропонованим вище способом, встановлювати їх в залежності від умов кожного конкретного виробництва. При потребі вловлення великодисперсного пилю або для створення режиму з великим розходом повітря, жалюзі 7 повертаються таким чином, щоб створити мінімально можливий кут атаки, що дозволяє посилити дію сил інерції на тверді частинки пилю, їхнє відбивання від жалюзі, приблизити місце їх стикання з жалюзі ближче до зовнішньої їх частини (в напрямку корпусу апарата), а в результаті - це призведе до збільшення ефективності роботи апарата.

Зі зменшенням розмірів і маси частинок пилю (дрібнодисперсний пил) в створенні режиму роботи установки з невеликими витратами повітря збільшується кут нахилу жалюзі 7 по відношенню до траєкторій обертового руху потоку навколо жалюзійного відокремлювача 5 таким чином, щоб забезпечити максимально можливе відбиття частинок пилю від жалюзі 7 і не допустити їх проникнення всередину відокремлювача 5, тобто збільшити ефективність очистки. При цьому жалюзі 7 повинні мати певні межі повороту в горизонтальній площині, тому що при дуже великому повороті її, частинки пилю можуть зовсім не стикнутися з жалюзі, а легко проникнути всередину відокремлювача 5, або пасти на ту частину жалюзі 7, яка відіб'є її всередину відокремлювача 5.

У таблиці 1 наведені результати експериментальних досліджень залежності ефективності вловлення пилу від витрат повітря в стенді, швидкості входу пилоповітряної суміші в апарат і медіанного розміру пилу. Оптимальними умовами проведення процесу пиловловлення є витрати повітря в стенді від 2000 до 3000 м<sup>3</sup>/год, а швидкості проходження газового потоку через щілини між жалюзі 20-30 м/с.

Таблиця 1

**Результати експериментальних досліджень залежності ефективності вловлення пилу від витрат повітря в стенді, швидкості входу пилоповітряної суміші в апарат і медіанного розміру пилу**

Параметр, що визначає ефективність	Ефективність вловлення пилу, %								
	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Витрати повітря в стенді, м <sup>3</sup> /год									
Швидкість входу в апарат, V <sub>вх</sub> , м/с	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Медіанний діаметр пилу, δ <sub>50</sub> =8·10 <sup>-6</sup> м	87.6	88.3	89.1	91.0	91.3	91.2	89.8	89.2	88.3
δ <sub>50</sub> =16·10 <sup>-6</sup> м	89.1	89.7	91.2	93.0	93.6	93.4	92.8	92.2	91.3
δ <sub>50</sub> =32·10 <sup>-6</sup> м	92.3	92.5	93.1	93.8	95.1	94.8	93.9	93.5	92.8
δ <sub>50</sub> =50·10 <sup>-6</sup> м	93.2	94.1	94.9	96.0	97.8	98.1	97.3	96.9	95.2

Були проведені експериментальні дослідження по визначенню кута повороту жалюзі навколо вертикальної осі, які довели, що кожний розмір пилу має свій оптимальний кут повороту жалюзі 7. Для пилу розміром 8 мкм, це – 0 градусів, тобто положення жалюзі 7 співпадає з траєкторією руху пилоповітряної суміші, для пилу розміром 32 мкм, це – 15 град, для пилу розміром 50 мкм, це – 30 град, що повністю підтверджує припущення, що при збільшенні медіанного розміру пилу збільшується кут повороту жалюзі, що підтверджено також математичною моделлю процесу пиловловлення в запропонованому пиловловлювачі.

Переваги запропонованої конструкції очевидні, що пояснюється можливістю встановлення оптимального кута повороту жалюзі 7 відокремлювача 5 для кожного типу пилу, який забезпечує оптимальний кут атаки для нього, а це веде до збільшення ефективності пиловловлення.

Порівняльні дослідження запропонованого пиловловлювача і кращого з “сухих” апаратів аналогічного призначення – циклона ЦН-11 довели при всіх інших аналогічних умовах проведення випробувань вдалося досягти підвищення ефективності вловлення пилу в апаратах нашого типу на 10-12% вище.

**Висновки.** Таким чином запропонований пиловловлювач дозволяє отримати ефективність, яка перевищує ефективність найкращого з існуючих сухих апаратів для очистки повітря від пилу циклона ЦН-11 на 2-4%, що досягається завдяки встановленню в корпусі апарата другого ступеня очистки – жалюзійного відокремлювача, жалюзі якого самовстановлюються в залежності від витрат повітря і розміру пилу. Це особливо необхідно у виробництвах, де дуже часто ці параметри змінюються і немає можливості миттєво реагувати на такі зміни.

З наведених досліджень виходить, що запропоновані апарати знайдуть широке застосування в будь-якій галузі господарства, коли необхідно вловлювати дрібнодисперсний пил, який утворюється при обробці різних за фізико-хімічним і морфометричним складом матеріалів.

## Література

1. Батлук В.А. Вдосконалення установок для очищення повітря від пилу при виготовленні радіоелектронної апаратури/ В.А.Батлук. //Вісник Державного університету» Львівська політехніка», №367 Радіоелектроніка та телекомунікації, Львів, 1999 – С.43-50.
2. Батлук В.А. The Problem of Highly Effectiv Cleaning of air from dust/ В.А. Батлук, В.В Батлук, В.Г Макарчук// Motrol motoryzacja I energetyka rolnictwa motorization and power in Agriculture 11/ 2009, Lublin,pag. 26 – 31.
3. Батлук В.А. Застосування пиловловлення для вирішення проблемитехногенно – екологічного енергозбереження/ В.А. Батлук, Р.Ю. Сукач, М.В. Басов, І.М. Козира // Motrol motoryzacja I energetyka rolnictwa motorization and power in Agriculture 11/ 2009, Lublin,pag115-119.
4. Батлук В.А. A matemtical model of vacuum cleaners, taiking into account the motion of particles near the wall part of the lust cjllektor” / Батлук, В.В Батлук, В.Г Макарчук //Motrol motoryzacja I energetyka rolnictwa motorization and power in Agriculture 12/ 2010, Lublin,pag. 97-105.
5. Батлук В.А. Рівняння опору для випадку одномірного руху пилу у відцентрово-інерційних пиловловлювачіах/ В.А. Батлук, В.В. Батлук, Е.В. Романцов // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідравліка і пневматика», № ( 28), Вінниця, 2010. – С.36-43.
6. Батлук В.А. Вибір параметрів пиловловлювача для сільськогосподарських машин./ В.А. Батлук, Р.Ю. Сукач, М.В. Басов //Motrol motoryzacja I energetyka rolnictwa motorization and power in Agriculture 12/ 2010, Lublin, pag 105.- 114.

*Поступила в редакцію 6 березня 2012 р.*

УДК 621.065