

УДК 621.928.9

В. А. Батлук, Р. Ю. Сукач, М. В. Басов

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ВИСОКОЕФЕКТИВНЕ ПИЛОВЛОВЛЮВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

Подається огляд стану питання техногенного навантаження на довкілля і визначаються основні проблеми, які потрібно вирішити вже сьогодні. Основна з них — це проблема теоретичного узагальнення нового розв'язання завдання — забезпечення високоєфективного вловлювання полідисперсного пилу.

Навколишнє середовище, очищення повітря, полідисперсний пил, апарат

Щорічно, внаслідок господарської діяльності людства утворюються десятки мільйонів тон промислових відходів у вигляді токсичних газів, які викидаються в атмосферу і твердих техногенних продуктів, що забруднюють повітряне і водне середовища. Це призводить до значних негативних тенденцій в екологічній ситуації і становить фундаментальну проблему сучасності, на розв'язання якої спрямовані зусилля всіх розвинених країн світу.

Сьогодні в Україні при зменшенні загального техногенного навантаження на навколишнє середовище, сумарні надходження забруднюючих речовин становлять 900 млн тон на рік. Якщо в 1989р. обсяг щорічних втрат в Україні від забруднення навколишнього середовища становив 15–20% валового прибутку, то в 1995 р. — вже 35% і досягли найвищого питомого забруднення на одиницю території в Європі (дані Швейцарського міжнародного інституту менеджменту навколишнього середовища), а вагомий внесок у ці цифри робить будівельна індустрія.

Наявні засоби для вловлення пилу від технологічного обладнання та конструкцій недостатньо ефективні й економічні. Для розв'язання цієї задачі потрібні комплексні наукові дослідження з визначення фізико-механічних, електричних і хімічних властивостей пилу, його концентрації і розподілу у виробничій техносфері з урахуванням метеорологічних умов навколишнього середовища. На основі цих досліджень потрібно теоретично узагальнити і розробити теорію розділення гетерогенних систем в апаратах для очищення повітря від пилу, щоб на її основі сконструювати принципово нові типи пиловловлювачів з високою ефективністю пиловловлення, застосувавши нові принципи створення апаратів і агрегатів пилоочищення, що поєднують в одному апараті декілька рівнів очищення, заснованих на використанні відцентрових, інерційних і сил тяжіння або зміні фізичних параметрів пилу. Розміщення в корпусі апарата жалюзійного відокремлювача, як другого ступеня пилоочищення, дає можливість значно збільшити ефективність пиловлов-

лення, однак акустична і магнітна коагуляції аерозолів є одним з найпрогресивніших методів швидкого збільшення субмікронних частинок промислового пилу, подальше вловлювання яких не створює проблеми. Створення принципово нових апаратів сухого очищення повітря від пилу, які забезпечили б можливість високоефективного уловлювання полідисперсного пилу при зменшенні гідравлічного опору і розмірів установок є предметом наших досліджень.

Сьогодні ця проблема залишається нерозв'язаною і з кожним роком нагромаджується ряд першочергових задач, однією з яких є попередження і ліквідація шкідливих викидів різних машин і конструкцій в атмосферу. Ця задача переросла в окрему проблему, розв'язання якої, з одного боку, має сприяти поліпшенню екології навколишнього середовища, а з іншого — поверненню викидів, зокрема пилоподібних, у технологічні процеси і їх використання в ряді виробництв як повторні матеріальні ресурси. Ця проблема може розв'язатися створенням безвідходних технологій, безтрубних підприємств, принципово нових агрегатів і установок для очищення газів промислових підприємств від полідисперсного пилу, вловленням, подальшою повною утилізацією і використанням їх у різних технологічних процесах. Використання цих відходів надзвичайно важливе з таких причин — це забезпечує виробництво багатим джерелом дешевої і часто вже підготовленої сировини; приводить до економії капітальних вкладень для підприємств, які добувають і переробляють сировину, підвищення рівня їх рентабельності, вивільнення значних площ земельних угідь і зниженню ступеня забрудненості навколишнього середовища й енергоємності виробництв.

Усе вищенаведене дає підставу вважати проблему — теоретичного узагальнення і нового наукового розв'язання задачі — забезпечення високо-ефективного вловлення полідисперсного пилу шляхом створення принципово нових конструкцій апаратів для очищення повітря від пилу — особливо актуальною при виконанні екологічних державних програм для народного господарства, захисту навколишнього середовища, збереження здоров'я людства, та являє значний теоретичний і особливо практичний інтерес.

Рух зважених частинок у турбулентному потоці газу відрізняється складністю й інтенсивністю в усіх напрямках. Це зумовлено тим, що частинки, якщо вони не дуже великі, реагують на безладні турбулентні пульсації середовища і одночасно з поступальним рухом з потоком здійснюють під їх впливом пульсаційний (коливальний) рух відносно молей газу, який їх переносить і також безладне переміщення разом з молями газу, що називається турбулентною дифузійною частинок.

Як і рух молей газу, пульсаційний і дифузійний рухи частинок мають стохастичний (випадковий) характер і тому описуються статистично. При нерівномірному русі стоксівської частинки в середовищі, що перебуває в стані спокою, крім сили опору, що описує явища, котрі відбуваються у визначений моменти часу поблизу поверхні частинки, потрібно враховувати додатковий

опір, пов'язаний з витратою енергії на приведення в рух самого середовища.

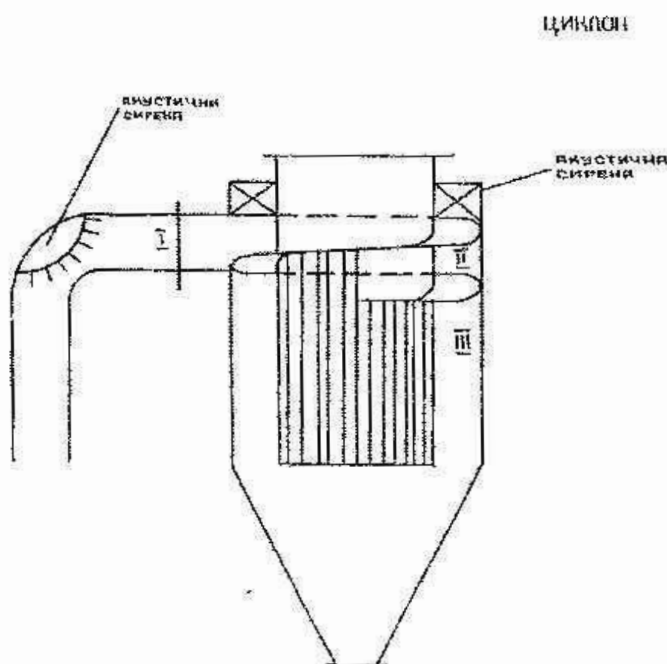
В обмежених умовах істотного значення набуває взаємодія частинок одна з одною (безпосереднє, при зіткненнях, а також через несуче середовище) і з обмежуючими потік стінками апарата. Зіткнення цієї частинки зі стінкою або іншими частинками, наявність поперечного градієнта усередненої швидкості газу, незбіжність центрів тяжіння частинок з центром прикладання сили аеродинамічного опору середовища, неоднорідності поля можуть спричинити їх обертальний рух.

Процес руху дрібних зважених частинок під дією відцентрової сили в турбулентному потоці складається з двох процесів: а) безперервного руху частинок до стінки циклону всередині несучих їх пульсаційних молей; б) безладного у напрямі, частоті й амплітуді руху частинок разом з несучими їх пульсаційними полями.

Перший процес — безперервний рух частинок до стінки циклону, описується в стоксівському наближенні рівнянням, виведеним для випадку вільного руху частинок у стаціонарному ламінарному потоці.

Другий процес — безладне снування частинок разом з несучими їх пульсаційними молями являє собою вияв турбулентної дифузії частинок, інтенсивність якої залежить, як і швидкість їх руху під дією відцентрових сил, від маси частинок.

Якщо частинки грубодисперсні, то процес їх руху під дією відцентрових сил відбувається інакше. Маючи високу відцентрову швидкість, грубодисперсні частинки під час процесу руху не залишаються всередині вихідного моля газу, а покидають його і перетинають безліч інших молей, що випадково зустрілися.



Процес очищення повітря від пилу

Руйнування великомасштабних турбулентних вихорів дає можливість апроксимувати рух пилогазового потоку макрохарактеристиками і зробити висновок про можливість інтенсифікувати процес пилоочищення внаслідок встановлення всередині циклону жалюзійного відокремлювача, який інтенсифікує процес пилоочищення трьома ефектами:

первинного пилоосадження на поверхні жалюзі;

руйнування великомасштабних турбулентних вихорів під час їх проходження через жалюзі відокремлювача і зменшення енергії транспортування ними пилу;

зменшення зворотного дифузійного потоку від стінки циклону.

Розміри жалюзі і відстані між ними визначають лінійні масштаби й інші характеристики великовихрової турбулентності пилогазового потоку при їх зіткненні з жалюзями відокремлювача.

Обчисливши лінійні масштаби турбулентності, ми змогли сконструювати цілу групу апаратів «Ню-хау» якого — наявність у корпусі апарата другого рівня очищення — жалюзійного відокремлювача, в якому проходячи через отвори між жалюзями пилоповітряний потік додатково очищається.

Очищення повітря від пилу в апаратах, які ми розробили, здійснюється таким чином (див. рисунок). Введення запиленого повітря виконується тангенціально у верхню частину апарата, в якому спочатку під дією відцентрових сил відбувається пошарове розділення потоку: великі (за розміром і масою) частинки аерозолі відкидаються до внутрішньої поверхні корпусу апарата і продовжують кругоподібний рух, а дрібні рухаються колоподібно вздовж внутрішнього суцільного патрубку виведення очищеного повітря. Для цього процесу, що доведено нашою теорією і підтверджено експериментальним шляхом, достатньо половини обороту потоку, тобто очищення повітря від пилу відбувається аналогічно до циклону. На ділянці III, додатково до цього процесу, вступає в дію повторне очищення повітря від пилу вздовж жалюзійного відокремлювача, який розміщено коаксіально до корпусу. Повітряний потік охоплює жалюзі відокремлювача, повертається на кут більше 90° , але менше, ніж 180° і через отвори між ними виходить до патрубка виходу чистого повітря. Дрібнодисперсні частинки пилу, які не виокремлені з потоку відцентровими силами, також підходять до відокремлювача, але внаслідок своєї інерції не встигають за повітрям, а стикаються з його жалюзями і, залежно від місця потрапляння на них, вони або відкидаються до стінки корпусу і підхоплюються пиловим потоком, або знов підхоплюються повітрям, що йде на доочистку у відокремлювач, стикаються з жалюзями так, доки не потраплять у пиловий потік, який рухається вздовж стінок корпусу апарата, котрий відтранспортує їх до пиловипускного патрубка.

Кількість зіткнень залежить від параметрів пилу (дисперсного складу, фізико-хімічних і морфометричних характеристик), повітряного потоку (швидкостей: входу в апарат, у корпусі апарата, проходження крізь жалюзійний

відокремлювач, виходу з апарата), конструктивних особливостей жалюзі, що визначають кут атаки і площу живого перерізу.

Сумарний потік запиленого повітря в запропонованих апаратах, являє собою потік газу навколо вихоростоку зі спіральними траєкторіями току (логарифмічні спіралі) і є результатом накладення двох потоків: руху в корпусі апарата (аналогічно до циклонів), що обертається — плоский вихор і руху повітря, що всмоктується через жалюзійний відокремлювач — плоский стік. Вертикальна складова швидкості повітряного потоку не впливає на сепараційну здатність апарата, тому що рух повітря паралельний до його геометричної осі, і тому розглядається плоска картина руху повітря в апараті.

Велика кількість різних конструкцій пиловловлювачів однакового призначення, які не мають чітких технічних характеристик, гальмує вибір схем очищення, а відсутність уніфікованого пилоочисного обладнання є перешкодою при розв'язанні питання організації його промислового впровадження.

Для усунення цього недоліку автори згідно з єдиною методикою порівняльних випробувань пиловловлювачів здійснили порівняльні випробування 15 найрозповсюдженіших типів циклонів при однакових енерговитратах, витратах повітря, продуктивності і тиску. Ефективність виражена у вигляді відношення до величини винесення пилу з циклону ЦН – 11.

Ці випробування підтвердили переваги циклонів ВЦННІОТ і насамперед циклону ЦН – 11, який надалі прийнятий як еталон.

Аналіз і вивчення шляхів створення відцентрових апаратів для очищення повітря від пилу дає можливість дійти висновку про їх пріоритетне використання у всіх галузях промисловості. Вони зручні з позиції простоти, надійності, дешевизни, що зумовлено відсутністю рухомих елементів і фільтрувальних поверхонь, порівняно невисоким гідравлічним опором і високою продуктивністю.

На основі теорії розділення гетерогенних систем шляхом дисипації великомасштабних вихорів і математичної моделі процесу сепарації у відцентрово-інерційних пиловловлювачах, запропоновано вісім нових груп механічних апаратів, конструкція яких захищена авторськими свідоцтвами і патентами. «Ноу-хау» цих апаратів полягає в розміщенні в корпусі коаксіально жалюзійного відокремлювача визначеної конструкції.

Внаслідок експериментів встановлено, що ефективність пиловловлювання зростає з переходом від першої до восьмої групи:

зі збільшенням медіанного діаметра пилу та витрати повітря;

зі збільшенням гідравлічного опору;

зі збільшенням кількості повітря, яке відсмоктується одночасно з вловленим пилом для апаратів першої і другої груп.

Подальша робота присвячена розробленню, дослідженню і впровадженню установок для очищення повітря від пилу, створених на базі теоретичних і експериментальних досліджень, які поєднали в собі різні фізичні явища: дію відцентрових, інерційних сил, сил тяжіння, акустичних і магнітних. Всі вони

мають корпус визначеної форми, з розміщеним всередині жалюзійним відокремлювачем, «ноу-хау» якого захищено авторськими документами.

У кожному разі впровадження апарата для очищення повітря від пилу визначався дисперсний склад, фізико-хімічні і морфометричні характеристики пилу, після аналізу яких підбирався тип пиловловлювача. Запропонований апарат спочатку досліджувався на експериментальному стенді і порівнювався з циклоном ЦН-11, аналізувалися результати і розв'язувалися питання впровадження вибраної схеми очищення.

Усі розроблені апарати були умовно розділено на дві групи виробництв перспективного впровадження:

1. Виробництва, з використанням відцентрово-інерційних пиловловлювачів.

2. Виробництва, з підготовленою технічною документацією для впровадження.

Усе це надає широкі перспективи впровадження запропонованих апаратів у всіх без винятку галузях промисловості.

1. Батлук В. А. Аналіз дисперсного складу пилоповітряного потоку, фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів / В. А. Батлук, Г. Р. Занько, К. І. Азарський. — Київ-Львів: Леотест 99, 1999. — с. 159–160. 2. Батлук В. А. Медико-технічні аспекти очистки воздуха от пыли / В. А. Батлук, А. А. Смердов // Медична техніка і технологія. — К., 1999. — № 1. — с. 100–103. 3. А. с. SU №1764706 А1. / Батлук В. А. — заявл. 30.09.92, Бюл. 36, В 04с 5/08. Пиловловлювач.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Приводится обзор состояния вопроса техногенной нагрузки на окружающую среду и поставлены основные проблемы, которые необходимо разрешить уже сегодня. Основная из них — это проблема теоретического обобщения нового научного решения задачи — обеспечения высокоэффективного улавливания полидисперсной пыли.

HIGH-EFFICIENCY PILOVLOVLYUYUCHE EQUIPMENT

The article deals with the problem of providing high performance apparatuses for cleaning air from dust in various branches of industry in order to reduce hazardous emissions to the level conforming to sanitary-hygienic norms. The article describes new trends in the development of dust catching apparatuses based on the use of centrifugal-inertial forces, permitting to improve significantly the effectiveness of dust catching.

Стаття надійшла 03.12.09