

ДОСЛІДЖЕННЯ НОВОСТВОРЕНИХ ВІДЦЕНТРОВО-ІНЕРЦІЙНИХ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ ДЛЯ ЦЕМЕНТНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

THE QUESTIONS OF PROVIDING OF CLEANING OF AIR HIGH EFFICIENCY VEHICLES FOR CEMENT INDUSTRIES

Розглянуто питання забезпечення високоефективними апаратами очищення повітря від пилу різних галузей виробництва з метою доведення шкідливих викидів їх до санітарно-гігієнічних норм. Наведено нові напрямки створення апаратів пилоочищення, які базуються на використанні дії відцентрово-інерційних сил, завдяки яким вдалося значно збільшити ефективність пиловловлювання.

Ключові слова: відцентрово-інерційні пиловловлювачі, цементна промисловість, зменшення опору, підвищення ефективності.

Постановка проблеми

Сучасні масштаби екологічних змін створили реальну загрозу життю та здоров'ю громадян України. Тому необхідно визначити залежність між забрудненням атмосферного повітря у регіонах України і зростанням захворювань у населення, а також провести аналіз існуючих пилоочисних апаратів та запропонувати високоефективні пиловловлювачі для очистки повітря від пилу.

Для оточуючого середовища та здоров'я людини значну небезпеку становлять викиди пилових речовин.

Потужний розвиток промислового виробництва супроводжується використанням широкого асортименту речовин природного і штучного походження, що призводить до зміни якісного і кількісного складу викидів в атмосферу.

У середньому зношеність основних виробничих фондів усіх галузей господарства України становить близько 50 %, причому темпи оновлення фондів не відповідають темпам їхнього спрацювання. Все це збільшує рівень забрудненості повітря і техногенного навантаження на інші компоненти довкілля.

Стан здоров'я населення є одним з основних критеріїв якості навколишнього середовища. У структурі загальної захворюваності населення все більшої питомої ваги набувають хвороби, які є наслідком техногенного забруднення довкілля, зокрема атмосферного повітря [1].

У зв'язку з цим виникає необхідність у створенні пиловловлювача, здатного високоефективно вловлювати дрібнодисперсні фракції пилу, маючи при цьому зменшені енерго- та металоемність.

На розмір та концентрацію частинок пилу в газах суттєвий вплив здійснює технологія отримання продукту.

Переробка сипучих матеріалів (збагачення руди, металургійні процеси, виробництво мінеральних добрив, будівельних матеріалів, скла, кераміки, цементу та ін.) призводить до значного виділення пилу [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій довів, що необхідний ступінь очищення повітря визначається рівнем допустимої межі концентрації пилу в повітряному потоці. Вибір схеми очищення й режимів роботи пиловловлювачів повинен проводитися з врахуванням усіх умов і вимог санітарних норм, властивістю пожежо- і вибухонебезпечної концентрації пилу при роботі зерноочисних машин. У зв'язку з цим запропоновано й різні класифікації пиловловлюючих пристроїв.

Вибір устаткування при формуванні системи пиловловлення залежить від конкретних вимог виробництва й фізико-механічних і фізико-хімічних властивостей дисперсних частинок, а класифікація дає можливість із урахуванням технології робіт вибрати ефективні й економічно вигідні пиловловлюючі апарати й сприяти підвищенню ефективності роботи машин замкнутого циклу та збереженню навколишнього середовища від забруднення пилом.

Для зменшення викидів в атмосферу пилу на цементних заводах застосовують такі заходи: укриття місць з можливим інтенсивним пиловиділенням, рукавні фільтри, електрофільтри, циклони та ін. Реалізація цих заходів може бути як автономною, так і комплексною у поєднанні одне з одним.

Дослідження виробничих дільниць цементних заводів дало змогу встановити, що при застосуванні вказаних вище заходів знепилювання концентрація пилу на робочих місцях не перевищує ГДК [4]. Перевищення регламентних рівнів запиленості спостерігається тільки при

порушенні правил експлуатації пиловловлюючих агрегатів.

У виробничих підрозділах цементних заводів з неорганізованими джерелами пиловиділення (дільниця транспортування сировини й цех готової продукції) практично відсутні заходи щодо боротьби з пилом. При обсягах виробництва цементу до 1 млн т на рік це виправдує себе, тому що концентрації пилу на робочих місцях лише іноді незначно перевищують ГДК і пилобезпека в цих випадках легко усувається за допомогою індивідуальних засобів захисту органів дихання. Однак навіть в умовах інтенсифікації виробництва цементу ці заходи не дають змоги забезпечити нормальні санітарно-гігієнічні умови праці за пиловим чинником.

Наявність пилу в повітрі робочих приміщень цементних заводів обумовлена характером та організацією технологічного процесу, ступенем герметичності устаткування, наявністю чи відсутністю вентиляційних установок і ефективністю їх роботи. Дослідження за допомогою дисперсного аналізу промислового пилу основних підрозділів цементного заводу показали, що за вмістом дрібнодисперсного пилу їх можна поділити на три групи (таблиця 1).

Таблиця 1 — Вміст дрібнодисперсного пилу в повітрі

| Назви груп дрібнодисперсного пилу | Частка від маси |
|--|-----------------|
| I група – пил, який виділяється із сировини, що транспортується | 28-35 % |
| II група – пил, який надходить в атмосферу робочих зон із дробильних установок і випалювальних печей | 28-35 % |
| III група – пил, який виділяється в атмосферу цеху готової продукції при перевантаженні | 64-67 % |

Практично всі дільниці цементних заводів мають інтенсивне пиловиділення, при якому рівень запиленості повітря перевищує ГДК, тому виконання технологічних операцій і процесів можливе лише при наявності високоєфективних засобів пригнічення пилу та пиловловлювальних апаратів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Основними джерелами пилоутворення цементних заводів є конвеєрні лінії, якими транспортується сировина й готова продукція, місця їх пересипання, завантаження й розвантаження, дробильні установки, печі випалювання клінкеру, кульові млини для помелу клінкеру та ін. Конвеєрні лінії для транспортування сипкої сировини (вапняку) з'єднують видобувні кар'єри з дробильними установками цементного заводу. Основними чинниками, які

визначають запиленість повітря в робочих зонах різних дільниць, є швидкість вітру й віддаленість транспортованої сировини від кар'єру.

У бункерному ангарі при розвантажуванні сировини з автосамоскидів запиленість повітря перевищує ГДК в 50 і більше разів, при надходженні сипкої сировини до бункера із стрічкових конвеєрів концентрації пилу сягають значень 270–450 мг/м³ і при сукупному розвантаженні сировини —1500 мг/м³ і більше, що значно перевищує ГДК.

Найбільш істотними джерелами пиловиділення на дільницях цементних заводів є печі для випалювання клінкеру.

Сушильні барабани сировини й добавок виділяють пил, який характеризується підвищенням вологовмістом (температура точки роси сягає 40–60 °С) і широким діапазоном коливань концентрації аерозолу (15–70 г/м³).

Колосникові холодильники клінкеру викидають на 1 тону клінкеру 1,1–1,8 тони сухої газоповітряної суміші, яка містить 7–10 кг пиловидних клінкерних частинок.

Якщо порівняти джерела пилоутворення цементних заводів, то слід відзначити, що понад 80 % пилу, що викидається до атмосфери, виділяється обертовими печами випалювання клінкеру.

Проблему вловлювання цементного пилу на промислових об'єктах, занесено до “Чорної книги” [5–7]. Одним із компонентів забруднення повітря є цементний пил, який виробляється у великих обсягах і використовується у різних галузях промислового та житлового будівництва (таблиця 2)

Таблиця 2 — Хімічний склад цементного пилу в з'єднанні

| Основні компоненти | речовини | Вміст у пробі, % |
|-----------------------|--------------------------------|------------------|
| Вапняк | CaCO ₃ | 49,3 |
| Кремнезем | SiO ₂ | 15,02 |
| Оксиди металів | SO ₃ | 9,4 |
| | Al ₂ O ₃ | 9,2 |
| | MgO | 2,5 |
| | Fe ₂ O ₃ | 1,4 |
| | Na ₂ O | 1,5 |
| | K ₂ O | 2,1 |
| Важкі метали | | 0,35 |
| Продукти прожарювання | | 2,5 |
| Невияснені елементи | | 6,9 |

У технологічному процесі виготовлення цементу зі збільшенням його обсягу пропорційно збільшується рівень пиловиділення до робочих зон заводу та прилеглих територій, якщо в цехах та на технологічних ділянках, які мають організовані джерела викидів пилу, запиленість хоча й висока, але не перевищує ГДК, то у виробничих підрозділах з неорганізованими джерелами викидів, де засоби знепилювання відсутні (на ділянках транспортування сировини та у цехах готової продукції), концентрація пилу перевищує норми ГДК у 5 разів і більше.

Конструкцію і принципи дії запропонованого апарата-пиловловлювача з попередньою очисткою, який здатний високоефективно вловлювати дрібнодисперсний пил, показано на рисунку 1.

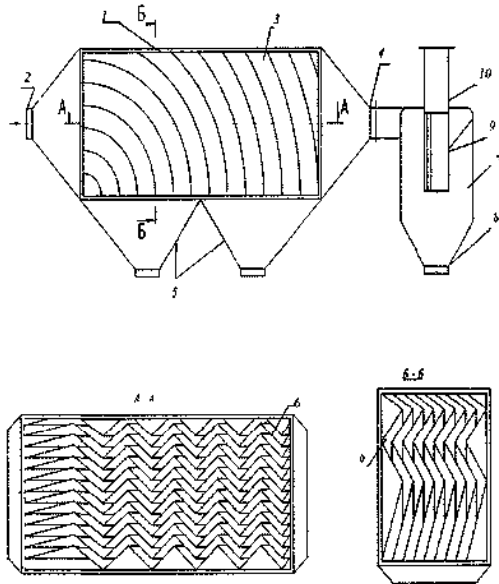


Рисунок 1 — Пиловловлювач із попередньою очисткою

На рисунку 1 показано запропонований пиловловлювач із попередньою очисткою, що має перший циліндрично-конічний корпус 1 з вхідним патрубком 2, пакет пластин 3 (з гофрами), вихлопний патрубок 4 і приймальні воронки 5. Гофри на пластинках 3 пакету виконано параболічної форми і утворюють між собою зигзагоподібні канали 6 в усіх напрямках можливого руху потоку газу. До верхньої частини корпусу 7 другого апарата прикріплений вхідний тангенціальний патрубок 4, який є патрубком для виходу очищеного потоку з корпусу 1 першого апарата, в нижній частині корпусу знаходиться пиловипускний патрубок 8. Усередині корпусу 7 коаксіально розміщено жалюзійний відокремлювач 9, який прикріплений до вихлопної труби 10 для виведення очищеного повітря з корпусу апарата 7.

Запилене повітря через вхідний патрубок 2 попадає усередину корпусу 1, де при переході з меншого перерізу до більшого втрачає швидкість. При цьому в будь-якому можливому напрямку руху газ потрапляє до зиг-

загоподібних каналів 6. Зважені частинки пилу під дією інерційних і гравітаційних сил рухаються по параболічних траєкторіях у напрямку приймальних воронок 5 і при зіткненні з гофрами у зигзагоподібних каналах 6 втрачають кінетичну енергію, осідаючи у приймальних воронках 5.

Очищений у першому апараті газ виводиться із корпусу 1 до корпусу апарата 7 через патрубок 4, який є для другого пиловловлювача тангенціальним вхідним патрубком, через який він і вводиться до корпусу 7 тангенціально. Після входу до апарата 7 пилогазовий потік гвинтоподібно обертається зверху донизу спочатку навколо вихлопної труби 10, потім навколо жалюзійного відокремлювача 9. Упродовж обертання відбувається розділення частинок пилу. Більші пилові частинки під дією відцентрових сил притискаються до стінки корпусу 7 і, здійснюючи гвинтоподібний рух усередині циліндричної, потім конічної частини корпусу циклона, попадають у пиловипускний патрубок 8.

Дрібніші частинки пилу захоплюються потоком повітря до жалюзійного відокремлювача 9. Повітря проходить інерційний відокремлювач 9 крізь щілини, що розміщено між його жалюзі. При цьому повітря робить різкий поворот малого радіуса на кут, більший за 90° , але менший за 180° . Дрібні частинки пилу також виконують поворот у напрямку щілини, але завдяки силі інерції, радіус повороту в них значно більший, ніж у повітря, за рахунок чого дрібні пилові частинки пролітають повз щілини, стикаються з жалюзі, відбиваються від них або сповзають по їх поверхні (залежно від маси і пружності частинок, місця їх попадання на жалюзі та кута, під яким відбувається удар частинки з жалюзі). Якщо пилова частинка дуже сильно відіб'ється від жалюзі, вона знову потрапляє до пилоповітряного потоку, що обертається навколо жалюзійного відокремлювача, знов вдаряється об одну з наступних жалюзі до тих пір, поки не потраплять до потоку, який рухається поздовж корпусу апарата 7. Із жалюзійного відокремлювача 9 очищене повітря, що пройшло крізь щілини між жалюзі через вихлопну трубу 10, викидається назовні, а весь вловлений у циклоні пил через пиловипускний патрубок 8 попадає до бункера для збирання пилу (на кресленні не показаний).

На експериментальному стенді НУ "Львівська політехніка" проведено порівняльні дослідження запропонованого пиловловлювача із попередньою очисткою, де гофри на пластинках 3 пакету, які виконано параболічної форми, утворюють між собою зигзагоподібні канали 6 в усіх напрямках можливого руху потоку газу, з апаратом, всередині якого поперек потоку встановлено пакет пластин із гофрами, на стандартному експериментальному пилу — кварцовому піску.

Дані випробувань наведено в таблиці 3.

Низька ефективність створеного апарата з гофрами пояснюється тим, що переміщуючись частинки пилу при стиканні з гофрами втрачають частину своєї кінетичної енергії та отримують тенденцію до руху в напрямку дії гравітаційних сил або у тому напрямку, де відсутні зигзагоподібні канали в пластинках, тобто знаходяться у стані вітання, що погіршує ефект їх вловлення.

Таблиця 3 — Результати порівняльних досліджень пиловловлювачів

| Витрата повітря, м ³ /год | Ефективність пиловловлення, % | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|------|----------|------|
| | запропонований | | прототип | |
| | Розмір пилу, мкм | | | |
| | 32 | 50 | 32 | 50 |
| 1000 | 81,5 | 82,4 | 76,6 | 79,8 |
| 1500 | 83,4 | 85,6 | 79,3 | 81,0 |
| 2000 | 84,7 | 87,4 | 81,1 | 83,0 |
| 2500 | 87,8 | 89,4 | 82,2 | 86,7 |
| 3000 | 88,6 | 89,8 | 85,1 | 87,6 |

Підвищення ефективності роботи у запропонованому пиловловлювачі досягається тим, що гофри на пластинах у поздовжньому перетині мають параболічну форму.

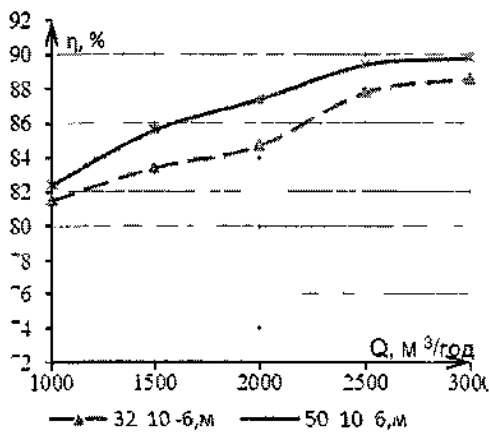


Рисунок 4 — Залежність ефективності роботи пиловловлювача із попередньою очисткою від витрат повітря

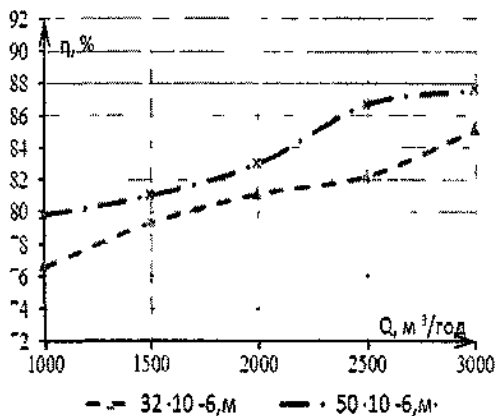


Рисунок 5 — Залежність ефективності роботи апарата, всередині якого поперек потоку встановлений пакет пластин із гофрами

Проведено порівняльні дослідження запропонованого пиловловлювача із попередньою очисткою з апаратом без попередньої очистки, тобто без його першої частини (без корпусу 1) на стандартному експериментальному пилу — кварцовому піску (таблиця 4).

Таблиця 4 — Результати порівняльні дослідження пиловловлювачів

| Витрати повітря, м ³ /год | Ефективність пиловловлення, % | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|------|----------|------|
| | запропонований | | прототип | |
| | Розмір пилу, 10 ⁻⁶ м | | | |
| | 32 | 50 | 32 | 50 |
| 1000 | 81,5 | 82,4 | 79,8 | 81,0 |
| 1500 | 83,4 | 85,6 | 81,5 | 83,4 |
| 2000 | 84,7 | 87,4 | 83,4 | 85,2 |
| 2500 | 87,8 | 89,4 | 84,3 | 88,1 |
| 3000 | 88,6 | 89,8 | 87,1 | 88,6 |

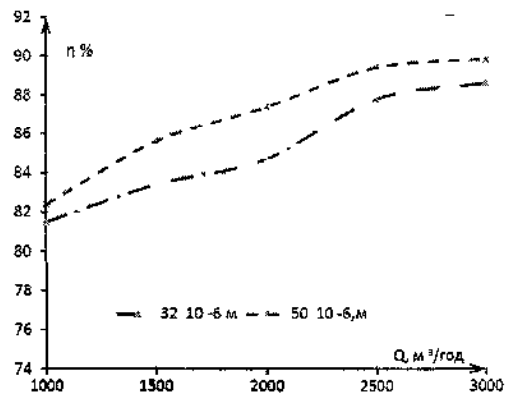


Рисунок 6 — Залежність ефективності роботи пиловловлювача із попередньою очисткою від витрат повітря

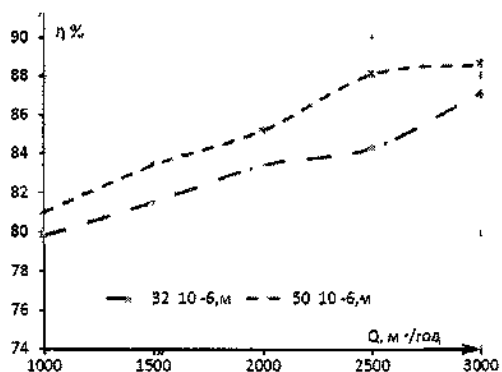


Рисунок 7 — Залежність ефективності роботи пиловловлювача без попередньої очистки від витрат повітря

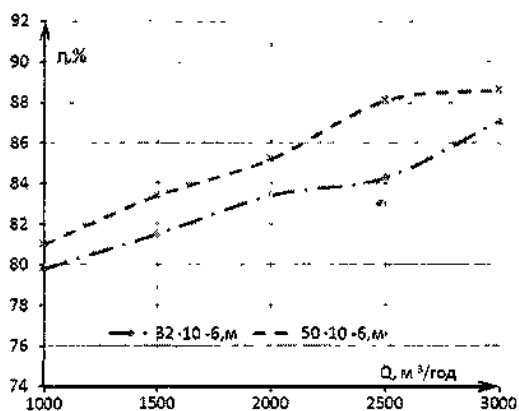


Рисунок 8 — Залежність ефективності роботи пилоловлювача із попередньою очисткою від медіанного діаметра пилу

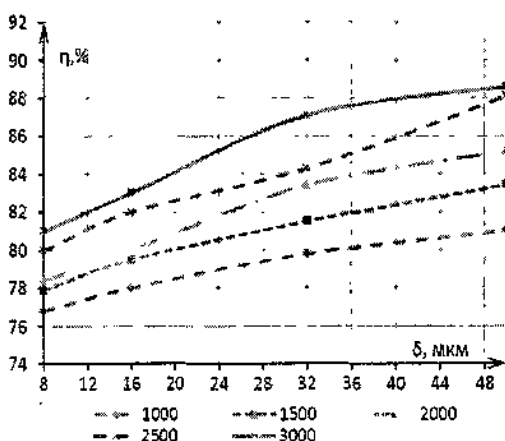


Рисунок 9 — Залежність ефективності роботи пилоловлювача без попередньої очистки від медіанного діаметра пилу

Переваги запропонованої конструкції очевидні, що пояснюється наявністю першого ступеня попередньої очистки газу. На експериментальному стенді на стандартному пилу кварцовому піску з медіанним діаметром 32 і 50 10^{-6} м проведені порівняльні дослідження в однакових умовах запропонованого пилоловлювача із попередньою очисткою продуктивністю 1000 $m^3/год$ і прототипу такої ж продуктивності (таблиця 5).

Таблиця 5 — Результати випробування пилоловлювача із попередньою очисткою і прототипу

| Продуктивність $m^3/год$ | Кварцовий пил, δ_{50} , мкм | Гідравлічний тиск, $кгс/м^3$ | | Ефективність пилоловлення, % | |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
| | | Запропонованого | Прототипу | Запропонованого | Прототипу |
| 1000 | 32 | 800 | 1400 | 81,5 | 77,7 |
| | 50 | | | 82,4 | 80,0 |

Як видно із проведених експериментальних досліджень, ефективність очистки повітря у запропонованому пилоловлювачі виявилась вищою на 0,7–2,4 %. При цьому запропонована конструкція пилоловлювача виключає попадання великодисперсного пилу всередину другого пилоловлювача, що надто важливо для запобігання зносу його корпусу через значне зменшення концентрації та фракційного складу пилу. Наявність зигзагоподібних каналів в усіх можливих напрямках руху газу запобігає створенню зон збільшеного тиску, а це в свою чергу призводить до збільшення ефективності роботи цього ступеня очистки і зниження гідравлічного опору.

З вищевказаного виходить, що ефективність пилоловлювача з попередньою очисткою залежить від багатьох факторів, основними з яких є: форма гофри жалюзи (в першу чергу форма зовнішньої її поверхні), її розміри, ширина щілини між жалюзі, швидкість пилоповітряної суміші, фізико-хімічні якості пилу, його концентрація, дисперсний та фракційний вміст.

Переваги пилоловлювача з попередньою очисткою:

- стабільність роботи при мінімальних експлуатаційних витратах;
- низькі капітальні витрати;
- безперервність процесу пилоловлення і відводу пилу;
- працездатність у широкому діапазоні температур і в агресивному середовищі;
- висока стійкість системи;
- невеликі габарити і матеріалоємність;
- багатоваріантність способів монтажу (вертикальному, горизонтальному, в нахиленому стані);
- сумісність з існуючими газоходами ілюбими пристроями газопилоочистлення.

Висновки та перспективи подальших досліджень

На сьогоднішній день розроблені креслення і проводиться виготовлення дослідно-промислової установки для очистки повітря від пилу в цементній промисловості по апарату який ми представили в цій в статті, а саме пилоловлювач із попередньою очисткою. Запропоновані авторами апарати знайшли широке застосування в промисловості виробництва будматеріалів і показали високу ефективність при невеликих енерговитратах.

Література

1. Kouzov, P.A., Malgin, A.D., Skriabin, G.M. 1982. Air and gases' dust cleaning in chemical industry. — L.: Chemistry, 256. — Ukraine.
2. Frank, Th. 2000. Application of Eulerian — Lagrangian prediction of gas — particle flow to cyclone separators. Lecture series 1999—2000. "Teoreticaland exoerrimental modeling of particle flow", 52. Bruessels. Belgium.
3. Batluk, V.A., Paranyak, N.M. 2010: Dust collector with pre-purification function/ Patent for the useful model № 50126 Proposal №и 200912660B01Д45/00 from 7.12.2009. Published 25.05.2010, Newsletter №10. Ukraine.

4. Kouzov, P.A. 1987. Fundamentals of dispersion composition of industrial dusts and regrind. - L.: Chemistry, 264 . Ukraine.

5. Jakovskiy, S.S., Gradus, L.Ja. 1989. The main ways of improvement apparatus for inertial gas purification. — М.: Mashynostrojenije.

6. Cittern V.V., Dorokhov I.N. 1976. Systems analysis of chemical processes. — М.: Nauka.

7. Heinrich, D. — М. 2001. Herht Ecology: Atlas. — К.: Knowledge.

Надійшла 20.02.2014 року

УДК 621.928.9

Исследования новых разработок центробежно-инерционных пылеуловителей для цементной промышленности

**В.А. Батлук,
Н.М. Параняк, Р.А. Яцюк**

Рассматриваются вопросы обеспечения высокоэффективными аппаратами очистки воздуха от пыли разных отраслей производства с целью доведения вредных выбросов их к санитарно-гигиеническим нормам Приводят-

ся новые направления создания аппаратов пылеочистения, которые базируются на использовании действия центробежно-инерционных сил, благодаря которым удалось значительно увеличить эффективность пылеулавливания.

Ключевые слова. центробежно-инерционные пылеуловители, цементная промышленность, уменьшение сопротивления, повышение эффективности.

UDK 621.928.9

The questions of providing of cleaning of air high efficiency vehicles for cement industries

**V.A. Batluk,
N.M. Paraniak, R.A. Yatsyuk**

The article is sacred to the questions of providing of cleaning of air high efficiency vehicles from the dust of different industries of production with the purpose of leading to of harmful extrass them to the sanitary-hygenic norms. New directions of creation of vehicles of dust catching are pointed in the article, which are based on the use of action of centrifugal-inertia forces and due to which it was succeeded considerably to increase efficiency of dust catching.

Key words: vehicles of dust catching, cement industry, centrifugal-inertia forces, increasing efficiency.