

fic length, the growth of which should be avoided. To reduce fire hazard is necessary to form a multicomponent elementary edge.

Keywords: wildfire, climate, forest, edge, ecotone, drying forest fuel.

УДК 628.511:621.928.9

Студ. І.О. Савіцька; проф. Ю.І. Грицюк,
д-р техн. наук – Львівський ДУ БЖД

ПРОБЛЕМИ ВЛОВЛЮВАННЯ ЦЕМЕНТНОГО ПИЛУ НА ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ

Розглянуто основні проблеми вловлювання цементного пилу на промислових об'єктах, який занесено до "Чорної книги" як канцерогенний забруднювач повітря. Встановлено, що основними джерелами пилоутворення на цементних заводах є конвеєрні лінії, якими транспортується сировина й готова продукція, місця їх пересипання, завантаження й розвантаження, дробильні установки, печі випалювання клінкеру, кульові млини для його помелу та ін. Для боротьби із цементним пилом застосовують таке устаткування як витяжна вентиляція, різні промислові агрегати для вловлювання пилу, ефективність роботи яких становить до 99%.

Ключові слова: промислові об'єкти, виробництво цементу, цементний пил, пилоутворення, пиловловлювання, витяжна вентиляція, промислові агрегати.

Вступ

На сьогодні якість повітря, яким ми дихаємо, опосередковано характеризує здоров'я людини [1, 2]. З кожним вдихом запиленого повітря в організм людини потрапляє не тільки важливий кисень, а й цілий ряд супровідних елементів, які можуть як покращити стан здоров'я (іони йоду), так і значно погіршити його (токсичні гази, пилюка, важкі метали). Від хімічного складу повітряної суміші залежить його біологічна активність, яка по різному впливає на організм людини: токсичні, подразнювальні та інші.

Оскільки повітря сучасного міста представляє собою складну газопилову суміш [3], всі компоненти якої можуть без перешкод взаємодіяти між собою, то необхідно знати початковий хімічний склад елементів, які викидаються в повітря, для прогнозування можливих взаємодій з навколишнім середовищем. Одним із компонентів забруднення повітря є цемент (а саме, цементний пил), який виробляється у великих обсягах і використовується у різних галузях промислового та житлового будівництва [4].

Табл. 1. Хімічний склад цементного пилу в з'єднаннях [5]

Основні компоненти	Речовини	Вміст у пробі, %
Вапняк	CaCO_3	49,3
Кремнезем	SiO_2	15,02
Оксиди металів	SO_3	9,4
	Al_2O_3	9,2
	MgO	2,5
	Fe_2O_3	1,4
	Na_2O	1,5
	K_2O	2,1
Важкі елементи		0,35
Продукти прожарювання		2,5
Невияснені елементи		6,9

Цементний пил та його з'єднання (табл. 1) шкідливо діють на дихальні шляхи, надлишок викликає захворювання верхніх відділень легенів, а також негативно впливає на шкіру та очі. Поступово в організмі людини, під дією тривалої взаємодії з пилом, можуть виникати хронічні захворювання, наприклад, запалення дихальних шляхів та призводить до таких хвороб як нежить, бронхіти, трахеїти та багато інших. Інколи цементний пил призводить до онкологічних захворювань [3].

Тому дослідження потенційних джерел викидів цементного пилу та розроблення сучасних методів для його вловлювання на промислових об'єктах як забруднювача повітря є вельми актуальною на сьогодні проблемою. Окрім цього, найнебезпечнішою в екологічному аспекті галуззю виробництва будівельних матеріалів залишається цементна промисловість, підприємства якої найбільше забруднюють довкілля. Тому виникає потреба дотримуватися положень спеціальної Державної програми [6], яка забезпечує істотне зменшення впливу цементного пилу на довкілля та здоров'я людини зокрема.

1. Проблема виробництва цементу та виробів з нього

Цемент (у перекладі з латинського "битий камінь") – сипкий матеріал, який у суміші з водою переходить з рідкого або тістоподібного у твердий каменеподібний стан при звичайній температурі [4]. Цемент принципово відрізняється від інших мінеральних в'язучих (гіпсу, повітряного і гідравлічного вапняку), які тверднуть тільки на повітрі або, затвердівши на повітрі, іноді продовжують тверднути в зовнішньому середовищі. Він є одним з основних будівельних матеріалів, використовується як в'язучий засіб при виготовленні бетону та бетонних конструкцій.

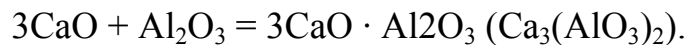
Заводи на яких здійснюється виробництво цементу, належить до переліку підприємств як основних забруднювачів повітря, занесених у "Чорну книгу". У технологічному процесі виготовлення цементу, зі збільшенням його обсягу пропорційно збільшується рівень пиловиділення в робочі зони заводу та прилеглі території. І, якщо в цехах та на технологічних дільницях, 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 дільниця транспортування сировини та у цехах готової продукції), концентрація пилу перевищує ГДК у 5 разів і більше [5].

У промисловому виробництві цементу використовуються переважно легкоплавкі глини, аргіліти і глинисті сланці, що утворюють частину цементної шихти [4]. Другою основною її складовою є карбонатні породи. Вапняк і глину, змішують у певному співвідношенні (75-80 % вапняку і 20-25 % глини) і прожарюють при температурі близько 1450 °С у спеціальних циліндричних печах, викладених всередині вогнетривким матеріалом. Сучасні потужні цементні печі сягають у довжину 185 м і мають внутрішній діаметр до 5 м. Їх встановлюють горизонтально з деяким нахилом осі під кутом 10°. Шихту завантажують у верхню частину печі, яка повільно обертається, через що матеріал, пересипаючись внутрішнім периметром її поверхні, рухається до нижньої частини назустріч розжареним газам – продуктам горіння палива (розпиленого вугілля або горючих газів).

При обпалюванні в цементному матеріалі послідовно відбуваються такі головні хімічні перетворення [3, 5]. При температурі 100-120 °С випаровується волога. При температурі 500 °С вигорають органічні домішки, а при температурі 800-1000 °С розкладається вапняк:



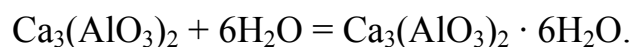
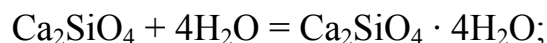
При температурі 1000-1300 °С оксид кальцію взаємодіє з діоксином силіцію SiO_2 і оксидом алюмінію Al_2O_3 , які є основою легкоплавкої глини, в наслідок чого утворюються силікати і алюмінати кальцію:



При температурі 1300-1450 °С відбувається спікання утворених силікатів і алюмінатів кальцію. Куски спеклої цементної маси, яку називають клінкером, вивантажують з нижнього кінця печі і, після охолодження, розмелюють, внаслідок чого утворюється сіро-зелений порошок, який і називають цементом. Після його поділу на фракції упаковують у спеціальну тару або розвозять машинами, спеціально для цього призначеними.

Склад цементу виражають зазвичай процентним вмістом CaO , SiO_2 , Al_2O_3 і Fe_2O_3 . До його складу як домішки входять і інші речовини. Звичайний, або силікатний цемент містить: CaO (60-67 %); SiO_2 (17-25 %); Al_2O_3 (3-8 %); Fe_2O_3 (0,3-6 %).

Цемент зазвичай використовують у суміші з піском. На одну частину маси цементу беруть 3-5 частин піску. З такої суміші разом з водою виготовляють напіврідку тістоподібну масу, яку називають цементним розчином. Такий розчин через деякий час тужавіє, а потім твердне, перетворюючись в каменеподібний матеріал. Твердіння цементного розчину при звичайній температурі продовжується майже місяць. Пов'язане це явище з перебігом складних хімічних реакцій, найголовніші з яких можна зобразити такими рівняннями:



Суміш цементного розчину з гравієм і щебенем після застигання утворює бетон. Якщо бетоном наповнити залізний каркас (залізні стержні, дріт тощо), то тоді його називають залізобетоном. Цемент (бетон) дуже міцно зв'язується з залізом і має однаковий з ним коефіцієнт теплового розширення, при цьому бетон має високий опір до стиснення, а металоконструкція – до згину. Бетон і залізобетон характеризуються високою твердістю та механічною міцністю. Їх широко використовують при будівництві гідроелектростанцій, мостів, каналів, заводських корпусів, а також у житловому будівництві.

2. Джерела пилоутворення цементних заводів

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 [3, 5]. Основними чинниками, які визначають запиленість повітря в робочих зонах різних дільниць, є швидкість вітру й віддаленість транспортованої сировини від кар'єру. Мінімальне пиловиділення при цьому становить 7-10 г/т, а максимальне – 50-52 г/т.

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 також на дільницях цементних заводів є печі для випалювання клінкеру. При сухому способі виробництва кількість сухих запилених газів, які виносяться з печей, на 25-40 % менше, ніж при мокрому способі. При цьому маса дрібнодисперсного пилу, що виділяється, становить 50-120 кг на 1 т клінкеру.

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

Колосникові холодильники клінкеру викидають на 1 т клінкеру 1,1-1,8 т сухої газоповітряної суміші, яка містить 7-10 кг пиловидних клінкерних частинок, що характеризуються високим вмістом грубо дисперсних фракцій (80 % частинок розміром понад 5 мкм).

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

На підставі цього можна зробити висновок, що 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 вискоєфективних засобів пригнічення пилу та пиловловлювальних апаратів.

3. Заходи щодо зменшення пиловиділення

Для зменшення виділення в атмосферу пилу на цементних заводах застосовують такі заходи: укріття місць з можливим інтенсивним пиловиділенням, рукавні фільтри, електрофільтри, циклони, витяжна вентиляція та ін. Реалізація цих заходів може бути як автономною, так і комплексно у поєднанні один з одним. У місцях, де пиловиділення в робочі зони незначне, за потреби використовуються індивідуальні засоби захисту органів дихання, водночас як герметичні кабіни для обслуговувального персоналу встановлюються в місцях з високими концентраціями пилу [2, 5, 7].

Дослідження виробничих дільниць цементних заводів дало змогу встановити, що при застосуванні вказаних вище заходів знепилювання концентрація пилу на робочих місцях не перевищує ГДК. Перевищення регламентних рівнів запиленості спостерігається тільки при порушенні правил експлуатації пиловловлювальних 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 виправдовує себе, тому що концентрації пилу на робочих місцях лише іноді незначно перевищують ГДК і пило-небезпека 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 (табл. 2).

Табл. 2. Вміст дрібнодисперсного пилу в повітрі (< 10 мкм) [3]

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 %

Запиленість повітря має місце на виробництвах з такими технологічними процесами, як обточування, полірування тощо (табл. 3). Часом пил виникає внаслідок горіння, транспортування та розважування порошкоподібних матеріалів. Концентрацію пилу в повітрі визначають безпосередньо в робочій зоні за допомогою фотопиломіру.

Табл. 3. Стан запиленості в окремих виробництвах [4]

Виробництво	Кількість пилу, мг/м ³
Механічні цехи	від 3 до 12
Обрубні відділення ливарних цехів	від 100 до 250
Забої шахт	до 1500

Для боротьби з промисловим пилом необхідно впроваджувати різноманітні заходи [7], до яких належать:

- комплексна автоматизація технологічних процесів і дистанційне управління ним;
- удосконалення конструкції обладнань (герметизація устаткування тощо);
- удосконалення технологічних процесів (застосування замкнутих і безперервних технологічних процесів);
- заміна фізично зношеного і морально застарілого устаткування на нове високопродуктивне та екологічно безпечне;
- своєчасний і якісний ремонт технологічного устаткування;
- влаштування місцевої вентиляції з фільтруванням повітряної суміші;
- використання індивідуальних засобів захисту організму (спецодяг, антисептичні пасти, окуляри, шоломи, маски, протигази та респіратори).

4. Промислові агрегати для вловлювання пилу на виробництві

Для ефективного пиловловлювання та очищення на цементних заводах пилоповітряної суміші широко застосовують апарати із закрученням повітряного потоку [5, 7]: циклони, вихрові камери, скрубери, швидкісні газопромивачі, плівкові сепаратори тощо. Циклони прямоточні і більш ефективні

протиточні використовують для індивідуальних технологічних процесів сухого пиловловлювання твердих частинок розміром понад 10 мкм.

Пиловловлювач (рос. *пылеуловитель*, англ. *dust catcher, dust separator, dust collector*; нім. *Entstaubungsanlage f, Staub-sauger m, Staubfänger m*) – апарат для видалення твердої фази з повітряного середовища.

За принципом дії агрегати для вловлювання пилу на виробництві поділяють на гравітаційні або відцентрові (циклонні), рідинні, електричні тощо. Процес вловлювання пилу рідиною – це перенесення завислих часточок з повітряного середовища у рідинне з наступним обробленням отриманої гідросуміші. Залежно від форми контакту повітря та рідкої фази, способи мокрого пиловловлення поділяють на три види: вловлювання у об'ємі рідини (наприклад, водяні фільтри), вловлювання плівками рідини і вловлювання розпиленою рідиною в об'ємі повітря.

На сушильних установках цементних заводів застосовують циклони батареїного типу, скрубери (мокрі пиловловлювачі), рукавні фільтри, електрофільтри. Ці ж апарати застосовують як пилогазовловлювачі сушильних установок та печей для випалювання клінкеру, а також для вловлювання найдрібніших механічних частинок – пилу, що міститься у природному газі, перед подачею споживачеві. Відомі також абсорбційні мокрі агрегати, у яких для зрошування використовується пульпа відходів флотації, що забезпечує підвищення ступеня очищення димових газів від оксидів сірки та азоту. Коефіцієнт корисної дії циклонних пиловловлювачів за фракцією 0-5 мкм – 83-86 %, 5-10 мкм – 94-97 %, 10-40 мкм – 98-100 %. Вищий коефіцієнт корисної дії мають електрофільтри (до 99 %). На сьогодні широко використовуються пиловловлювачі типу Вентурі, в яких запилене повітря очищається розпиленою водою.

Камерні пиловловлювачі (див. рис. 1) призначені для виділення крупного пилу (більше 100 мкм) з потоків запиленних газів. Потік газу при попаданні в осаджувальну камеру, що має значно більшу площу поперечного перетину, різко знижує швидкість руху, і частинки пилу під дією власної ваги осаджуються у нижню ділянку камери, звідки вивантажуються будь-яким способом. Очищена від крупного пилу газова суміш виходить з камери і потрапляє у подальшу стадію пиловловлення. Ефективність пиловловлення цих апаратів становить 40-60 %. Пиловловлювальні камери дуже громіздкі, тому застосовуються обмежено (наприклад, як розвантажувальні камери барабанних сушарок).

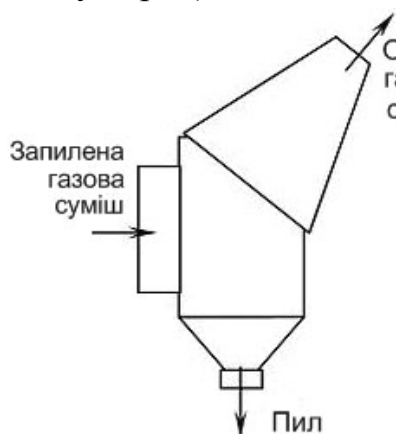


Рис. 1. Схема роботи пилоосаджувальної камери

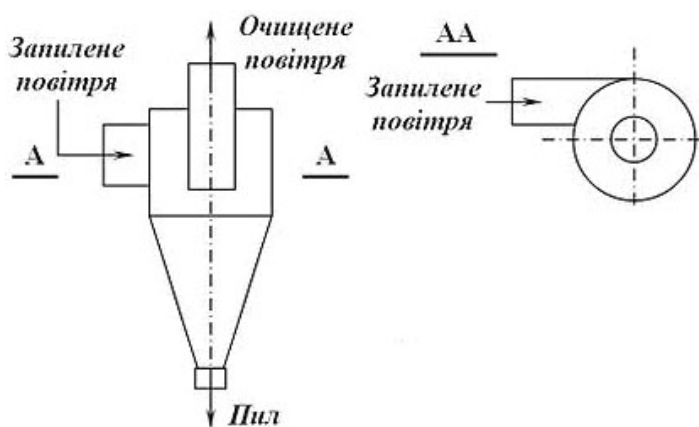


Рис. 2. Схема роботи циклону

Циклони (див. рис. 2) належать до пиловловлювачів інерційного типу і призначені для знешкодження пилу розміром більше 10 мкм. Принцип дії циклонів полягає в тому, що пилогазова суміш подається дотично до внутрішньої поверхні циліндричної частини корпусу і рухається гвинтовою лінією зверху вниз. Частинки пилу під дією відцентрових сил притискаються до внутрішніх стінок циклона а під дією газового потоку і власної ваги – рухаються по спіралі униз, де вивантажуються через спеціальну насадку у конічній частині циклону. Очищене від пилу повітря видаляється через осьовий патрубок, який знаходиться у верхній частині циклона. Ефективність очищення повітря у звичайних циклонах становить 60-80 %.

Батарейні циклони призначені для виділення пилу розміром до 5 мкм, представляють агрегати, що складаються з окремих, невеликого розміру, циклонів, які функціонують паралельно. Застосовують батарейні циклони різні за конструкцією, розмірами, способом підведення запиленого повітря. Ступінь уловлення пилу в батарейному циклоні становить 97-99 %.

Мокрі пиловловлювачі (див. рис. 3) призначені для очищення газів від пилу при їх пропусканні пилогазової суміші через шар води. Мокрий пиловловлювач представляє циліндроконічний резервуар 1, заповнений водою, через який барботує запилене повітря, що подається центральною трубою, зануреною під шаром води 2. При проходженні крізь воду газова суміш звільняється від пилу і видаляється через патрубок 3. Пил осаджується у воді і накопичується у конічній ділянці пиловловлювача, звідки він у вигляді шламу періодично випускається через патрубок 4. Мокрі пиловловлювачі знешкоджують пил крупністю до 5 мкм з ефективністю до 98 %.

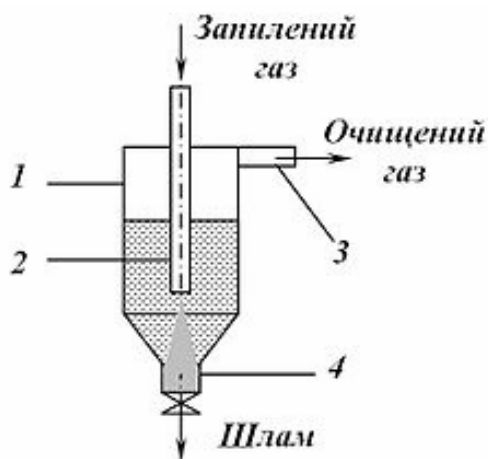


Рис. 3. Схема роботи мокрого пиловловлювача: 1 – циліндроконічний резервуар; 2 – центральна труба; 3 – верхній патрубок; 4 – нижній патрубок

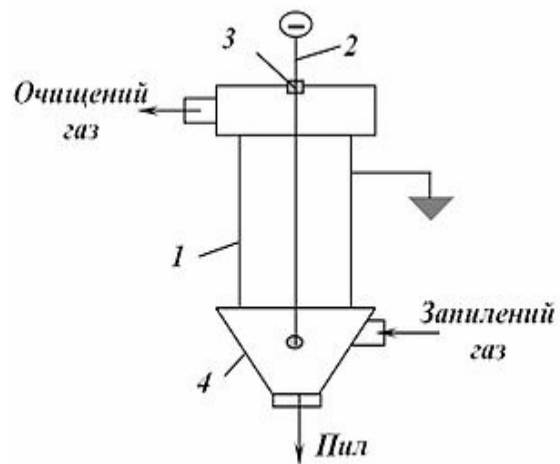


Рис. 4. Схема роботи електрофільтра: 1 – осаджувальний електрод; 2 – коронуючий електрод; 3 – ізолятор; 4 – бункер

Електрофільтри (див. рис. 4) призначені для вловлювання пилу крупністю до 0,1 мкм з повітря і газів різного хімічного складу, вологості та температури. Електрофільтри характеризуються великою продуктивністю і ефективністю вловлювання пилу до 99 %. Їх рекомендують застосовувати при потребі ретельного очищення великого обсягу газів, що містять тонкодисперсний пил з токсичних або дорогих речовин, а також для очищення повітря вентиляційних установок.

За конструкцією електрофільтри аналогічні електричним сепараторам з коронними електродами. Осаджувальні електрооди електрофільтрів виконуються у вигляді заземлених металевих вертикальних труб або пластин, а коронні – у вигляді металевих стержнів, що встановлюються всередині труб або між пластинами. Коронні електрооди заряджуються негативно постійним струмом напругою до 60 кВ. Заземлені осаджувальні електрооди індуктивно мають позитивний заряд. Коронні та осаджувальні електрооди монтується в герметичній камері, через яку в проміжках між ними знизу вгору проходить пилогазова суміш. Під впливом коронних розрядів частинки заряджуються негативно і осаджуються на електроодах. Пил періодично струшується з осаджувальних електроодів у пиловий бункер, а очищений газ викидається в атмосферу.

Висновки. Цементні заводи виробляють цемент, який є дрібнодисперсним сипким матеріалом і належить до канцерогенних забрудників повітря. Сировиною для його виробництва є вапняк і глина, змішані у певному співвідношенні і прожарені при температурі близько 1450 °С. Саме виробництво цементу занесене у "Чорну книгу" як одне з основних забруднювачів повітря пилом.

Основними джерелами пилоутворення на цементних заводах є конвеєрні лінії, якими транспортується сировина й готова продукція, місця їх пересипання, завантаження й розвантаження, дробильні установки, печі випалювання клінкеру, кульові млини для його помелу та ін.

Для боротьби із цементним пилом застосовують таке устаткування як витяжна вентиляція, різні промислові агрегати для вловлювання пилу, ефективність роботи яких становить до 99%.

Література

1. ГОСТ 17.2.4.06-90. Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения. – Введ. 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2000. – 14 с.
2. Керб Л.П. Основы охорони праці : навч.-метод. посібн. / Л.П. Керб. – К. : Вид-во КНЕУ, 2003. – 215 с.
3. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П.А. Коузов. – Л. : Изд-во "Химия", 1987. – 264 с.
4. Мала гірнича енциклопедія. – В 3-х т. / за ред. В.С. Білецького. – Донецьк : Вид-во "Донбас", 2004. – 640 с.
5. Петров Б.А. Обеспыливание технологических газов цементного производства / Б.А. Петров, П.В. Сидяков. – Л. : Изд-во "Стройиздат", 1965. – 89 с.
6. Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки // Відомості Верховної Ради (ВВР), 1998. – № 38-39. – 248 с. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.escravo.org.ua/2006/06/29/pro-osnovn-naprjami-derzhavno-politiki-ukrani-u-galuz-oxoroni-dovkllja-vikoristannja-prirodnix-resursiv-ta-zabezpechennja-ekologchno-bezpeki/>
7. Плашихин С.В. Експериментальні дослідження циклофільтра в процесі вловлювання цементного пилу / С.В. Плашихин, Д.А. Серебрянський, Ю.А. Безносик // Вісник Національного технічного університету "ХПІ" : зб. наук. праць. – Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : Вид-во НТУ "ХПІ". – 2010. – № 57. – С. 3-5.

Савицкая И.О., Грыцюк Ю.И. Проблемы улавливания цементной пыли на промышленных объектах

Рассмотрены основные проблемы улавливания цементной пыли на промышленных объектах, которая занесена в "Черную книгу" как канцерогенный загрязнитель воздуха. Установлено, что основными источниками пылеобразования на цемен-

тных заводах являются конвейерные линии, которыми транспортируется сырье и готовая продукция, места их пересыпания, загрузки и разгрузки, дробильные установки, печи выжигания клинкера, пулевые мельницы для его помола и др. Для борьбы с цементной пылью применяют такое оборудование как вытяжная вентиляция, разные промышленные агрегаты для улавливания пыли, эффективность работы которых составляет до 99%.

Ключевые слова: промышленные объекты, производство цемента, цементная пыль, пылеобразование, пылеулавливание, вытяжная вентиляция, промышленные агрегаты.

Savicka I.O., Grycyuk Yu.I. Problems of catching of cement dust on industrial objects

The basic problems of catching of cement dust on industrial objects, which is added to the "Black book" as carcinogenic contaminating of air, are considered. It is set that the basic sources formation of dust on cement factories are conveyer lines, which are transport raw material and products, places of their pouring, load and unloading, fragmentizers, stoves of burning-out of clinker, bullet mills for his grade and other, are ready for a fight against a cement dust apply such equipment as drawing ventilation, different industrial aggregates for catching of dust, efficiency of work of which makes to 99%.

Keywords: industrial objects, production of cement, cement dust, formation of dust, catching of dust, drawing ventilation, industrial aggregates.
