

УДК 621.928.9

Батлук В. А., Параняк Н. М., Гречка І.П.<sup>1</sup>

## ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ ВІД ЦЕМЕНТНОГО ПИЛУ

*В статті приводяться результати досліджень, підтверджуючих тезис о неможливості сьогодні улавлювати мелкодисперсную цементну пилу, поэтому предложена принципиально новая конструкция центробежно-инерционного пылеуловителя; испытания которой позволяют утверждать о повышении эффективности улавливания такого типа пыли на 1-2% и уменьшении энерго- и металлоёмкости.*

*The results of researches, confirmative a thesis about impossibility today to catch a мелкодисперсную dust are conducted in the article, the on principle new construction of centrifugal-inertia пылеуловителя is therefore offered; the tests of which allow to assert about the increase of efficiency of catching of such type of dust on 6 - 8% and diminishing of energo- and metaloemkosty.*

Загалом у 2013 році українські підприємства виробили 8,5 млн. тон цементу. Цементні заводи виробляють цемент, який є дрібнодисперсним сипким матеріалом і належить до канцерогенних забруднювачів повітря. Сировиною для його виробництва є вапняк і глина, змішані у певному співвідношенні і прожарені при температурі близько 1450 °С. Саме виробництво цементу, який виробляється у великих обсягах і використовується у різних галузях промислового та житлового будівництва, занесене у "Чорну книгу", як одне з основних забруднювачів повітря пилом.

Таблиця 1

### Хімічний склад цементного пилу.

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

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, належать 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 хоч 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 на зустріч розжареним газам – продуктам горіння палива (розпиленого вугілля або горючих газів).

Куски спеченої 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<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. До його складу як домішки входять і інші речовини. Звичайний, або силікатний цемент містить: CaO (60-67 %); SiO<sub>2</sub> (17-25 %); Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3-8 %); Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,3-6 %).

<sup>1</sup> Батлук В. А., Параняк Н. М., Гречка І.П. Національний університет «Львівська політехніка».

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.

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 u1084 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.

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/м<sup>3</sup> і при сукупному розвантаженні сировини –1500 мг/м<sup>3</sup> 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 заплених 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°C) і широким діапазоном коливань концентрації аерозолу (15-70 г/м<sup>3</sup>). Колосникові холодильники клінкеру викидають на 1 т клінкеру 1,1-1,8 т сухої u1075 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 високоєфективних засобів пригнічення пилу та пиловловлювальних апаратів .

**Аналіз останніх досягнень.** Для зменшення виділення в атмосферу пилу на цементних заводах застосовують такі заходи: укриття місць з можливим інтенсивним пиловиділенням, рукавні фільтри, електрофільтри, циклони, витяжна вентиляція та ін. [8,9]. 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 кабінки 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).

Таблиця 2

**Вміст дрібнодисперсного пилу в повітрі (< 10 мкм).**

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 %

Для ефективного пиловловлювання та очищення на цементних заводах пилоповітряної суміші широко застосовують апарати із закрученням повітряного потоку [5, 10,14]: циклони, вихрові камери, скрубери, швидкісні газопромивачі, плівкові сепаратори тощо. Циклони прямооточні і більш ефективні протиточні використовують для індивідуальних технологічних процесів сухого пиловловлювання твердих частинок розміром понад 10 мкм. На сушильних установках цементних заводів застосовують циклони батарейного 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 флотажії, що забезпечує підвищення ступеня очищення димових газів від оксидів сірки та азоту. Коефіцієнт корисної дії циклонних пиловловлювачів за фракцію 0-5 мкм – 83-86 %, 5-10 мкм – 94-97 %, 10-40 мкм – 98-100 %. Вищий коефіцієнт корисної дії мають електрофільтри (до 99 %) [11-14].

**Метою роботи** є створення пиловловлювача, в якому нове виконання та взаємне розташування конструктивних елементів дозволило б забезпечити незмінний осьовий напрямок пилогазового потоку, що дасть можливість збільшити ефективність очищення і зменшити гідравлічний опір.

**Виклад основного матеріалу.** Для пилоочистки нині використовують двоступеневу установку, в якій першим ступенем є циклон ЦН-11, а другим - електрофільтри або рукавні фільтри з рукавами з гідрофобізованої і графітізованої склотканини. В будь-якому варіанті завдання полягає у збільшенні до максимуму ефективності роботи циклона першого ступеня очистки, щоб на другий ступінь надходила мінімально можлива кількість пилу. У 99 % пилоочисних установках цементної промисловості як перший ступінь очистки використовують циклон ЦН-11, недоліком якого є наявність вторинного виносу, який веде до виносу вже виділеного і зібраного в його бункері пилу і змішування його з потоком чистого повітря [12].

Нами запропоновано для першого ступеня очистки повітря конструкція відцентрово-інерційного апарата, основною позитивною рисою якого є наявність жалюзійного відокремлювача. В нашій конструкції пиловловлювача вторинного вихору немає через те, що вихід чистого повітря здійснюється через жалюзійний відокремлювач не знизу, а збоку по всій довжині (висоті) апарата. Конструкція жалюзійного відокремлювача розраховується на комп'ютері для пилу різної дисперсності і типу таким чином, щоб досягнути високої ефективності очистки повітря від пилу при мінімальному аеродинамічному опорі апарата (рис.1). Ця конструкція циклону забезпечує незмінний осьовий напрямок закрученого потоку, що дозволяє уникнути явища радіального стоку і турбулізації потоку на виході з апарата, внаслідок чого сту-

пінь очищення зростає, а гідравлічний опір циклона при цьому зменшується.

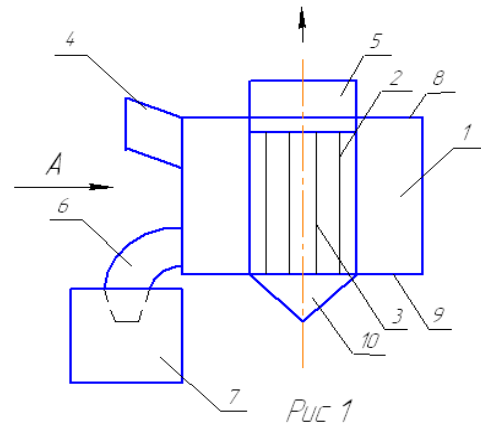


Рисунок 1. Загальний вигляд циклону із горизонтальним відокремлювачем.

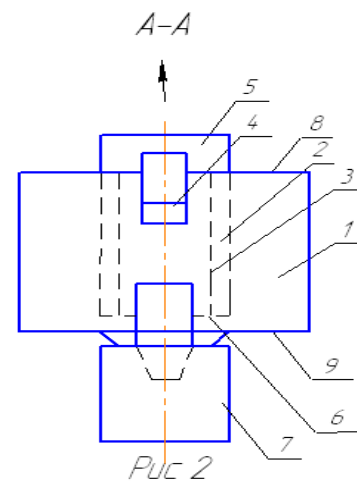


Рисунок 2. Вид по стрілці А рисунку 1.

Робота циклону буде зрозумілою з рисунку та опису. На рисунку 1 наведений загальний вигляд циклону, вид спереду зі знятою передньою стінкою. На рисунку 2 - вид по стрілці А.

Працює циклон наступним чином. Запилений газ поступає через тангенціальний патрубок 4 в простір між корпусом апарата 1 і жалюзійними відокремлювачем 2 і закручується. Під дією відцентрових сил, які виникають при обертанні потоку, частинки пилу відкидаються до внутрішньої частини стінки корпусу 1 і по ній опускаються вниз під дією ваги. Оскільки вхідний патрубок 4 розміщений під кутом до вертикалі, створюється сформований пилогазовий потік, який рухаючись по коловій траєкторії, переміщується вздовж жалюзійного відокремлювача 2 і стінки корпусу 1 зверху вниз.

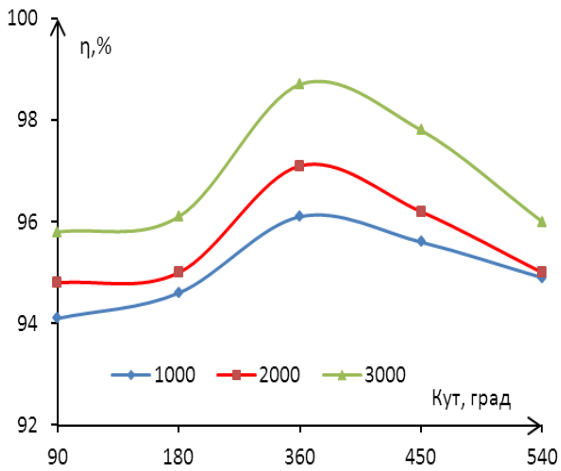


Рисунок 3. Залежність ефективності роботи пиловловлювача із горизонтальним відокремлювачем від кута повороту потоку в корпусі апарату.

Пошарово очищене повітря за рахунок дії відцентрових сил після його входу в апарат тангенціально через патрубок 4 розділилося на два пилогазових потоки: перший - вздовж стіни корпусу 1, другий навколо жалюзійного відокремлювача 2. У другому потоці частинки пилу не встигають за рухом повітря, яке круто повертає в щілини між жалюзі 3, відбивається від них доти, доки не відіб'ються до стіни корпусу 1 і не підхопляться першим потоком, який рухається до пиловипускного патрубка 6.

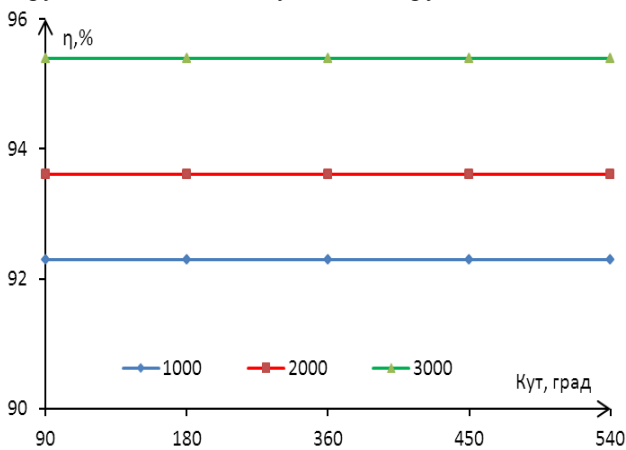


Рисунок 4. Залежність ефективності роботи еталону від кута повороту потоку в корпусі апарату.

Оскільки вхідний патрубок 4, розміщений тангенціально під кутом до горизонталі, створюється спрямований закручений пилогазовий потік, який після обертання в корпусі апарату 1 на певний кут по коловій траєкторії, переміщується вздовж осі корпусу і вздовж жалюзійного відокремлювача і пил виводиться з апарату через тангенціальний патрубок виходу пилу 6 в бункер 7. Потік, який пройшов через

щілини між жалюзі 3 відокремлювача 2, виводиться з апарату через осьовий вертикальний патрубок 5, розміщений в кришці корпусу. Для збору дрібнодисперсних частинок пилу, які виділилися вже всередині жалюзійного відокремлювача 2 існує малий бункер 10.

Для підсилення дії відцентрових сил і сил ваги дно корпусу апарату 9 виготовлено під певним кутом нахилу до горизонтальної осі, якій відповідає куту природного скосу аерозолів, які в цьому потоці переміщуються.

Для наведеної конструкції циклону дуже важливим питаннями є місце розташування патрубка виходу пилу 6 і кут нахилу днища корпусу апарату 9 до горизонтальної осі. Розглянемо ці показники.

Дані експериментального визначення місця розташування патрубка виходу пилу 6 наведені на рисунку 3 (експериментальний пил - кварцовий пісок, з медіанним діаметром  $5 \cdot 10^{-5}$ , м.)

Як видно з рисунку 3 розташування верхнього кінця патрубка виходу пилу 6 після того, як пилоповітряний потік здійснить в корпусі апарату 1 поворот на кут в  $360^\circ$ , тобто на відстані  $\frac{1}{4}$  від висоти апарату є оптимальним.

Результати досліджень легко пояснити. При розташуванні патрубка виходу пилу 9 на відстані  $90^\circ$  і  $180^\circ$  після повороту потоку в корпусі 1 після входу

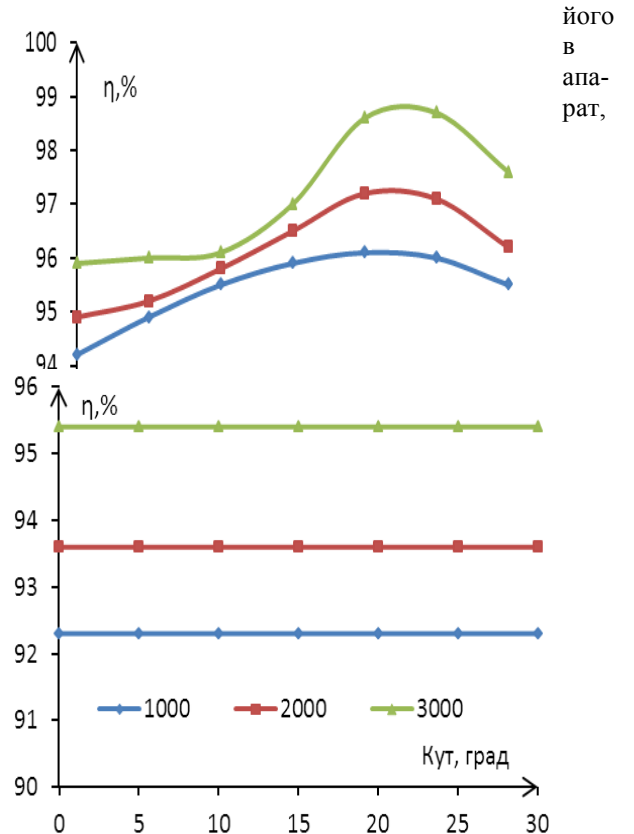


Рисунок 6. Залежність ефективності роботи еталону від кута нахилу днища.

очищений під дією відцентрових сил потік не встигне пройти другу ступінь очистки при проходженні через

щілини між жалюзі 3 відокремлювача 2 і його більша частина разом з не відділеними дрібнодисперсними фракціями попаде в патрубок 6 і далі в бункер 7, де стурбулізує вже виділений пил і винесе його вторинним вихром знов в корпус 1. Все це призведе до зниження ефективності роботи апарата.

При розташуванні патрубка виходу пилу на відстані більшій за поворот потоку в корпусі апарату за  $360^{\circ}$ , більша частина очищеного відцентровими силами від грубодисперсних фракцій потоку буде виведена через жалюзі 3 відокремлювача 2 в патрубок виходу очищеного повітря і його кількості, що залишилася, буде недостатньою, щоб закинути очищений пил в патрубок виходу пилу 6, що приведе до зниження ефективності його роботи.

Тобто оптимальним місцем розташування патрубка виходу пилу є його розміщення після повороту потоку в корпусі апарата на  $360^{\circ}$ , а це відповідає від-

тані  $\frac{1}{4}$  від висоти апарата і є оптимальним, тобто на відстані  $\frac{1}{4}H$  від днища пиловловлювача (де  $H$  - висота корпусу апарата).

Дані експериментального визначення кута нахилу днища корпусу 9 до горизонтальної осі наведені на рисунку 5 (експериментальний пил - кварцовий пісок, з медіанним діаметром  $5 \cdot 10^{-5}$  м)

Як видно з рисунка 5 оптимальним є кут нахилу днища циклон в 20-25 градусів до горизонтальної осі, що легко можна пояснити. При зменшенні цього кута, сили буде недостатньо, щоб зсунути видалений пил до патрубка виходу пилу 6, тому що для кварцового піску кут природного зсуву лежить у цих межах. При збільшенні кута, пил буде зсуватися швидше і потік повітря не в стані його захопити з собою у вихідний патрубок 6 і він буде проштовхуватись через щілини між жалюзі 3 відокремлювачем 2.

## Висновки

Конструкція циклону забезпечує незмінний осьовий напрямок закрученого потоку, що дозволяє уникнути явища радіального стоку і турбулізації потоку на виході з апарату, внаслідок чого ступінь очищення зростає, а гідравлічний опір циклона при цьому зменшується, що дозволяє знизити енерго - та металоемність. Нами проведені випробування апарата нашої конструкції порівняно з циклоном ЦН-11 для вловлення цементного пилу, які показали, що ефективність пиловловлення на 3-9% вище, а це веде до збільшення часу роботи рукавних фільтрів і електрофільтрів без очистки, які використовуються для другого ступеня очистки повітря, а тим самим до значного енергозбереження.

## 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. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П.А. Коузов. – Л.: Изд-во "Химия", 1987. – 264 с.
3. Петров Б.А. Обеспыливание технологических газов цементного производства / Б.А. Петров, П.В. Сидяков. – Л.: Изд-во "Стройиздат", 1965. – 89 с.
4. 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 сучасних технологій. – Харків: Вид-во НТУ "ХПІ". – 2010. – № 57. – С. 3
5. Дубинін А.І., Майструк В.В. Перспективні напрямки вдосконалення конструкції циклонів // Вісник ДУ "Львівська політехніка": Хімія, технологія речовин та їх застосування. – Львів: ДУ "Львівська політехніка". – 1996, № 3. – 117
6. Очистка промышленных газов от пыли / В.Н. Ужов, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков, И.К. Решидов. – М.: Химия, 1981. – 392 с.
7. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Под общ. ред. А.А. Русанова. – М.: Энергия, 1975. – 236 с.
8. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов. – М.: Металлургия, 1968. – 396 с.
9. Кисіль Ю.Г. Математичне моделювання процесів пиловловлення в процесах виготовлення машин та обладнання / Ю.Г. Кисіль, Р.М. Василів // Тези доповідей УПІСерія: "Гірничо-електромеханічна" випуск 19(175)36 Міжнародної конференції «Прогресивна техніка і технологія, Київ-Севастополь, 2007. - с.8.
10. Сухое и мокрое пылеулавливание [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.woodtechnology.ru/oxrana\\_truda/proizvodstvennaya-sanitariya/suxoe-imokroe-pyleulavlivanie.html](http://www.woodtechnology.ru/oxrana_truda/proizvodstvennaya-sanitariya/suxoe-imokroe-pyleulavlivanie.html)
11. Аппарат для удаления аэрозолей из воздуха: А.с. № 180084 СССР, А.И. Гальченко, А.А. Башаров, Г.Ф. Юмашев. – Оpubл. 1966. – Бюл. № 6.
12. Yuanhui Zh. Modeling and Sensitivity Analysis of Dust Particle Separation for Uniflow Dedusters. University of Illinois Urbana. – Champaign, 2000.
13. Якуба Б.С., Кузько С.А. Структура потоков прямоочных вихревых аппаратов // Гидравлические машины и аппараты. – К.: ИСНУ, 1994. – с. 291-299.



14. Сепаратор: А.с. № 389816 СССР, В.А. Лефенко, А.Т. Еремин, В.П. Ермаков, А.Е. Нимцович. – Опубл.1973. – Бюл. № 30.
15. Джигирей В.С. Экология та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посіб. для вузів. - К.: Знання, 2000.

УДК 666.97.031

Емельянова И.А., Задорожный А. А., Меленцов Н.А.<sup>1</sup>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРКРЕТ-СОПЕЛ С КОЛЬЦЕВЫМ ВОЗДУШНЫМ НАСАДКОМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТОРКРЕТ-РАБОТ СПОСОБОМ МОКРОГО ТОРКРЕТИРОВАНИЯ

**Аннотация.** Приведены конструктивные схемы торкрет-сопел с кольцевым насадком. Показаны расчетные зависимости для определения скоростей движения бетонной смеси через конфузор и диффузор. Найдена зависимость определения средневзвешенной скорости воздушно-бетонного потока и коэффициента потерь диффузора.

**Annotation.** The constructive scheme of torkret-nozzles with a ring nozzles was given. The calculated dependences for definition of speed of movement of concrete mixture through konfuzor and diffuser were shown. The dependence of determining the weighted average speed of the air-concrete flow and the ratio of losses of the diffuser was given.

При выполнении ремонтно-восстановительных работ способом “мокрого” торкретирования неоднократно использовались сопла с кольцевыми воздушными насадками. Впоследствии такие сопла применили при шприц-бетонировании на бетонных смесях с максимальной фракцией заполнителя  $d_{\max}=20\text{мм}$ .

Опыт эксплуатации малогабаритного оборудования для строительных площадок, которое разработано коллективом сотрудников на кафедре механизации строительных процессов Харьковского национального университета строительства и архитектуры на многих объектах г. Харькова и других городов Украины показал высокую эффективность работы этих сопел, с двухпоршневыми растворобетонасосами [1].

На Рис. 1а,б показаны конструктивные решения торкрет-сопел с кольцевыми насадками. Кольцевой насадок выполнен в форме диффузора.

Торкрет-сопло (Рис.1а,б) состоит из двух частей: кольцевого переходника с конфузуром, связанного с камерой смешения 3, в начале которой, сквозь кольцевую щель подается сжатый воздух из рабочей камеры 2, что способствует созданию воздушно-бетонного потока, при выходе из кольцевого воздушного насадка с диффузором.

Техническая характеристика торкрет-сопла с кольцевым насадком приведена в Таблице 1.

Общей конструктивной особенностью таких сопел является подвод сжатого воздуха через патрубок в кольцевой канал насадка 4. Это позволяет выходящий из сопла поток воздушно-бетонной смеси держать в кольце сжатого воздуха, т.е. создать концентрированную направленную струю смеси для набрызга на торкретируемую поверхность.

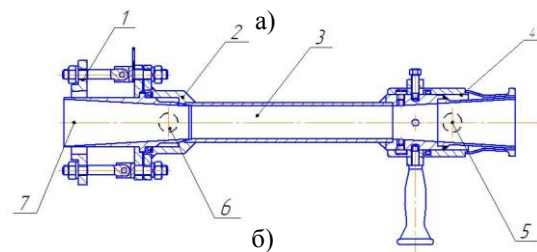


Рис. 1. Конструктивные решения торкрет-сопел с кольцевым воздушным насадком:

а) торкрет-сопло с радиально расположенными отверстиями в рабочей камере для подачи сжатого воздуха в камеру смешения.

б) торкрет-сопло с кольцевой щелью в рабочей камере.

1- обхватный замок подключения бетоновода; 2- корпус рабочей воздушной камеры; 3- камера смешения; 4- корпус кольцевого насадка; 5,6 – подвод сжатого воздуха; 7- концевой переходник от трубопровода в форме конфузора.

При этом, отскок составляющих компонентов смеси от обрабатываемых поверхностей не превышает 10%, а при наличии пластифицирующих добавок - 5...6% даже от потолочных поверхностей. Конструкции таких сопел запатентованы в Украине.

Движение бетонной смеси по трубопроводу к торкрет-соплу осуществляется с помощью двухпоршневого растворобетонасоса. Диаметр трубопровода, при этом, должен быть больше диаметра камеры смешения торкрет-сопла -  $d_{\text{тп}} > d_{\text{кс}}$ .

Таблица 1.

<sup>1</sup> Емельянова И.А., д.т.н., проф.; Задорожный А.А., к.т.н., доц., Харьковский национальный университет строительства и архитектуры. Меленцов Н.А., главный инженер ООО “Стальконструкция” г. Харьков.