

**В. А. Батлук, В. Г. Макаруч**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

**Р. Ю. Сукач**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

**І. В. Проскуріна**

*Донбаський державний технічний університет*

## **ЗНИЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДРІБНОДИСПЕРСНОГО ПИЛУ, ЯК МЕТОД УСУНЕННЯ ПОЖЕЖО-, ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ЯКОСТЕЙ ПИЛУ**

*Наводиться опис методів зниження пожежо-, вибухонебезпечних якостей промислового пилу, внаслідок чого доведено, що найефективнішим з них є метод зниження концентрації дрібнодисперсного пилу шляхом вловлювання її в принципово новій конструкції відцентрово-інерційного пиловловлювача, невід'ємною частиною якого є жалюзійний віддільник. Експериментально визначена залежність ефективності його роботи від конструктивних і технологічних параметрів роботи установки. Впровадження запропонованої установки дає можливість зменшити пожежо-, вибухонебезпечні якості промислових і досягти максимально можливої ефективності її вловлювання, при зниженні метало- і енергоємності.*

***Дрібнодисперсний пил, пиловловлювач, жалюзійний віддільник, гідравлічний опір***

Сьогодні ситуація в області техногенної безпеки на Україні така, що особливу тривогу викликає високий рівень аварійності наявних технічних об'єктів і недостатні можливості у розв'язанні проблеми інженерної екології. Якщо у сфері оцінки шкідливих впливів на воду, ґрунт, повітря і загалом в області екологічної експертизи виробництв і моніторингу середовища, статичному обліку кількості промислових і побутових відходів, а також у створенні полігонів і смітників відходів є конкретні досягнення, то в напрямку розробки нових екологічно чистих і безпечних технологій переробки відходів, досягнення і науково-технічна активність є недостатніми.

Отож потрібно розробити науковий підхід до питань охорони праці, екологічності й техногенної безпеки. Зазначимо, що відомі підходи до проблеми техногенної безпеки розрізнені, іноді немає науково обґрунтованої методики оцінювання й кількісних критеріїв рівня небезпеки, недостатньо використовуються можливості в області комп'ютерних технологій, сучасних методів дослідження й математичного моделювання.

У регіонах, в яких розташоване коксохімічне виробництво, постійно зберігається екологічна напруженість, причому вона піддається сезонним коливанням, оскільки різко погіршується влітку. Пояснюється це тим, що влітку витрати коксового газу на потреби коксохімічного виробництва значно скорочуються, і тому його вивільнені ресурси просто спалюються на «свічах» або викидається без доспалювання в атмосферу.

Захист атмосферного повітря від забруднення є однією з найактуальніших проблем сучасності. Коксохімічне підприємство (КХП) — це сукупність специфічних виробництв, пов'язаних з високотемпературним обробленням вугільної шихти без доступу повітря та переробленням коксового газу, який виділяється при цьому з одержанням цілого ряду цінних хімічних продуктів. Традиційні технологічні процеси переважно пов'язані з виділенням в атмосферне повітря шкідливих речовин, що входять до складу коксового газу, таких як аміак, оксид вуглецю, оксид азоту, діоксид сірки, сірководень, ціаністий водень, бензол, нафталін, феноли, а також вугільного й коксового пилу. Усі ці речовини є пожежо- і вибухонебезпечними, і сьогодні загострена проблема зниження їх концентрацій до визначених допустимих норм.

Оскільки аспіраційні системи оснащені пиловловлювальними апаратами, то існує недооцінювання внеску організованих викидів у забруднення атмосферного повітря. Водночас інвентаризація викидів на ряді КХП показала, що пилові викиди від організованих джерел становлять 30% усіх викидів, а на КХП із сухим гасінням до 70%. Крім того, технічні рішення на вибір обладнання для обезпилення не відповідають висупутим вимогам, тому існує проблема підвищення ефективності й надійності пиловловлювачів. На КХП продовжують застосовувати мокрі пиловловлювачі й у зв'язку з цим існує проблема перероблення й утилізації шламових вод. Отож перехід на сухі методи пиловловлення набуває актуальності й значимості, оскільки йдеється не тільки про захист повітряного басейну промислових площадок і населених пунктів від пилових забруднень, але й про охорону водою, зменшення водоспоживання, поліпшення економічних показників виробництва. Особливо це стосується проблеми вловлення коксового пилу, що визначається прогнозованим розширенням впровадження установок сухого гасіння коксу (УСГК), екологічна оцінка яких значною мірою залежить від успіхів в обезпиленні газів і аспіраційного повітря. У наявній технічній літературі питання обезпилення газів і повітря на коксохімічних підприємствах практично не розглянуті, що створює труднощі при проектуванні, експлуатації й контролі за роботою пиловловлювачів і забезпечення їх безаварійної роботи. Технологічний процес виробництва коксу завершується видачею його з печей з температурою 950–1100°C. Для уникнення горіння розпеченого коксу після вивантаження з печі, а також зробити кокс придатним для транспортування і зберігання, необхідно понизити його температуру до 100–250°C, при якій виключається самозаймання і тління, тобто кокс потрібно «загасити». Існує два методи гасіння коксу — мокре і сухе. Установки сухого гасіння коксу, виконані за проектами

Гіпрококса, почали широко впроваджуватися у виробництво, починаючи з 1965р. За проектами Гіпрококса побудовано дві УСГК в Україні, 14 у Росії, одна в Казахстані, по одній у Пакистані, Угорщині, Фінляндії, Туреччині, Нігерії й Китаї, 9 УСГК за ліцензіями Гіпрококса створені в Японії, Італії, Польщі, Румунії, ФРН, Словаччині, Індії.

У коксохімічній промисловості України сухе гасіння коксу застосовується тільки на двох підприємствах: Авдіївському коксохімічному заводі й коксохімічному виробництві комбінату «Криворіжсталь».

У роботі розглянуто сухе гасіння коксу, запропоновано методи зниження пожежо-, вибухонебезпечних якостей пилу при цьому.

У зв'язку з цим з'являється потреба у створенні такого апарата, який би зміг уловити полідисперсний пил з достатньою високою ефективністю, для того, щоб уникнути появи пожеж і вибухів. Для цього необхідно розробити принципово нові апарати, конструктивні особливості яких, забезпечили б високоефективне уловлення полідисперсного пилу, звівши можливість їх пожежі та вибуху до мінімуму. Порівняти технологічні й експлуатаційні параметри запропонованого і найкращого з наявних апаратів та довести переваги першого.

Розглядаючи ефективність роботи існуючої сьогодні схеми обезпилювання під час подачі гарячого коксу з камер коксових батарей, необхідно зазначити недосконалість цієї технології порівняно із закордонними аналогами. Наявні технології в Україні передбачають буксування гасильного вагона електровозом, кабіна якого виступає над бортами вагона на 1,2 м, в результаті чого край відсмоктувального зонта не можна наблизити до борта вагона ближче ніж на 1,2 м, а звідси — великі втрати коксового пилу, сажі і супутніх компонентів з-під зонта у навколишнє середовище. Закордонні аналоги використовують гасильні вагони з власним приводом, що дає змогу влаштувати герметичний відсос пилу зі всієї поверхні гасильного вагона, а це приводить до значного збільшення ефективності роботи системи пилоочищення.

Очищення газів від пилу в наявній установці здійснюється таким чином: забруднене повітря через вантажний та аеродинамічний канали надходить через висхідний потік у циклони, після очищення в яких повітря через турбулентно утворююче гирло подається в порожнину дифузора, в якій відбувається його остаточне мокре очищення. Наведена схема обезпилювання є недосконалою через недостатню ефективність роботи першого сухого ступеня очищення повітря від пилу. Отож метою роботи є обґрунтування доцільності заміни недостатньо ефективної та енерго-, металоємної системи очистки повітря від пилу в процесі подачі гарячого коксу в гасильний вагон на більш досконалу та ефективну систему сухого очищення (першого ступеня), яка складається з відцентрово-інерційних апаратів пилоочищення, що містять в одному корпусі пиловловлювача одночасно три ступені очищення: відцентровий, інерційний (під час проходження через жалюзі відокремлювача) і мокрий.

Ми запропонували конструкцію пиловловлювача, в якому вторинна очистка повітря від пилу забезпечується таким жалюзійним відокремлювачем, змочування внутрішньої поверхні жалюзі якого, дає можливість виділити з уже очищеного пилогазового потоку найдрібніші фракції і внаслідок цього збільшити ефективність роботи апарата (рис. 1 і 2).

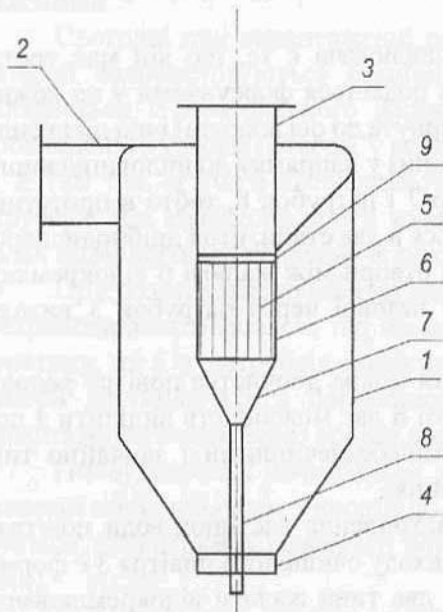


Рис. 1.

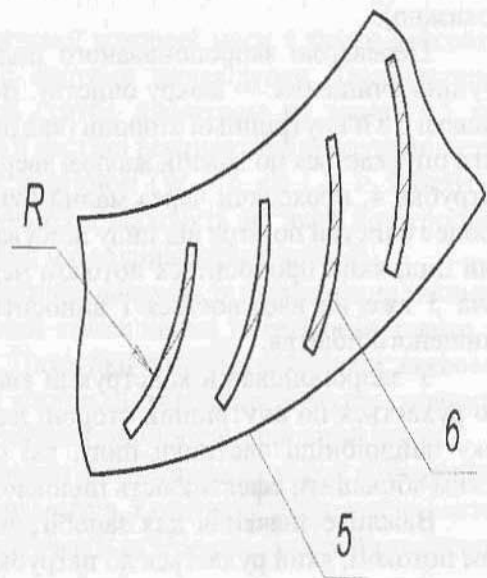


Рис. 2.

Пилоповітряна суміш через тангенційний вхідний патрубок 2 вводиться в простір, утворений корпусом апарата 1 і жалюзійним відокремлювачем 5, в якому внаслідок дії відцентрових сил після його входу в апарат тангенційно через патрубок 2 розділилося на два гвинтоподібних потоки: перший — вздовж стінки корпусу 1, другий — навколо жалюзійного відокремлювача 5. У другому потоці частинки пилу не встигають за рухом повітря, яке повертає в щілини між жалюзі 6 відокремлювача, через наявність сил інерції: які діють на них, потрапляють на жалюзі 6, відбиваються від них доки не відіб'ються до стінки корпусу апарата 1 і не підхопляться першим потоком, що рухається до пиловпускного патрубка.

Крім того, викопання частини корпусу конічним запобігає подальшому змішуванню виділеного пилу, що рухається вздовж стінки корпусу, з потоком, який іде на доочистку у відокремлювачі через збільшення відстані між ними.

Очищений від грубодисперсного пилу потік, доочищений додатково у другому ступені очищення — жалюзійному відокремлювачі 5, проходить через щілини між жалюзі 6 всередину відокремлювача 5 і потрапляє під дію третього ступеня очищення — потоком води, який рухається вздовж жалюзі по її внутрішній стороні.

Вода подається через систему водопостачання (на рисунку не показано) до форсунок для води 9, через які розпилюється на жалюзі 6 відокремлювача 5. Вода після потрапляння на жалюзі 6 у верхній їх частині опускається вниз по її внутрішній поверхні і при цьому захоплює дрібнодисперсні частинки пилу, які несуться разом з потоком, і транспортує їх вниз у менший бункер 7 для збору пиловодяної суспензії, звідки через патрубок 8 — в бункер (на рисунку не показано).

Перевагою запропонованого пиловловлювача є те, що він має третю ступінь очищення — мокру очистку. Вода подається форсунками 9 на кожну жалюзі 6 з її внутрішньої сторони (яка повернута до осі апарата) і під дією сили ваги опускається по кожній жалюзі зверху вниз у напрямку до пиловипускного патрубку 4, проходячи через малий бункер 7 і патрубок 8, тобто в прототипі процес очистки повітря від пилу відбувається в два етапи, і той дрібнодисперсний пил, який проноситься потоком через отвори між жалюзі 6 відокремлювача 5 вже не вловлюється і виноситься назовні через патрубок 3 виходу очищеного повітря.

У запропонованій конструкції апарата мокра доочистка повітря водою, що рухається по внутрішній стороні жалюзі 6 дає можливість виділити з потоку найдрібніші частинки пилу, які є найнебезпечнішими і звичайно тим самим збільшити ефективність пиловловлення.

Важливе значення для запобігання захоплення частинок води повітряним потоком, який рухається до патрубку виходу очищеного повітря 3 є форма жалюзі 6. З цієї метою було досліджено два типи жалюзі відокремлювача: перша — жалюзі пряма, друга — внутрішня поверхня жалюзі зі сторони, яка обернена до осі апарата, розташована по радіусу  $R$ , результати яких наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Витрати повітря, м <sup>3</sup> /год.	Ефективність пиловловлювача, %	
	Жалюзі першого типу	Жалюзі другого типу
1000	95,1	96,8
2000	96,3	98,0
3000	96,9	98,8

Таку різку різницю в ефективності пиловловлення можна пояснити тим, що в першому варіанті виконання, жалюзі по-перше відштовхують частинки води всередину (в напрямку до осі апарата), звідки вона підхоплюється потоком і виноситься з апарата, а по-друге — при гвинтоподібному русі пилоповітряного потоку всередині жалюзійного відокремлювача 5 він обтікає внутрішню поверхню жалюзі 6, відриває краплини води від них і виносить вгору у патрубок виходу очищеного повітря, зменшуючи і навіть знищуючи

при цьому ефект очищення повітря від дрібнодисперсного пилу, а тим самим різко зменшуючи ефективність його роботи.

Крім того, виконання частини корпусу конічним запобігає подальшому змішуванню виділеного пилу, що рухається вздовж стінки корпусу, з потоком, що йде на доочистку у відокремлювачі через збільшення відстані між ними.

Сьогодні при вивантаженні розпеченої коксової маси з камер коксових батарей використовуються стаціонарні системи пилевідсосу. Така система складається із центрального колектора (труба діаметром не менш 1,5 м), прокладеного уздовж батарей, у верхній її частині вентилятора продуктивністю  $Q \geq 120$  тис. м<sup>3</sup>/год з високовольтним двигуном ( $W = 6$  кВ і  $N \geq 500$ кВт) і скрубера. Від колектора проти кожної камери відходять по двох повітропроводах прямокутного перетину зі шторами, що закриваються (рис. 3).

При розвантаженні камери навпроти неї фіксується дверезнімна машина з екранованим парасолем, що оснащений також двома патрубками такого ж перетину, як і в патрубків колектора. Патрубки стикуються, двері коксової камери відчиняються з протилежних сторін, і коксовиштовхувач починає вивантажувати кокс через кошик дверезнімної машини в гасильний вагон.

Пилоутворення починається в момент вивантаження через руйнування коксової маси, що падає з висоти до семи метрів, і контакту маси, яка вивантажується, з повітрям (у результаті чого відбувається згоряння коксу й утворення золи).

Передбачалося, що пил і зола разом із супутніми газами потрапляє під зонт і відсмоктується через патрубки в колектор, далі ця пилогазова суміш проходить через скрубєр, в якому уловлюється пил і частково нейтралізуються гази.

Така система має низьку ефективність пиловловлення, високі енерго й матеріальні витрати (безперервний режим роботи, високовольтне устаткування, витрата металу на колектор, скрубєр, підтримувальні колони).

Крім стаціонарних, у світовій практиці застосовуються пересувні пиловловлювальні установки.

Досліджуваний пристрій являє собою каминоподібний зонт, змонтований на дверезнімній машині. На бічних його поверхнях розміщені два відцентрових пиловловлювачі, ємність для води  $V = 3$  м, два відцентрових вентилятори з електродвигунами по 2 кВт, насос із електродвигуном 3 кВт і форсунки в кількості 3 шт. у верхній частині. Каминоподібний зонт має округлу форму й розділений на центральну частину (вантажний канал) і два бічних аеродинамічних канали.

Пилогазова суміш, яка витісняється з гасильного вагона, через кондиційну силу, депресії вентиляторів і ефекту ежекції маси, яка вивантажується, втягується усередину зонти і, проходячи через аеродинамічні канали, потрапляє у відцентрові пиловловлювачі (перша ступінь — суха), в яких осаджується найбільша ( $>1 \times 10^{-5}$  м) фракція, після чого потрапляє через відцентрові

вентилятори у верхній дифузор (друга ступінь — мокра), в якому піддається тонкому мокрому очищенню (пилова фракція  $<1 \times 10^{-5}$  м).

Час циклу становить близько 8 хв, зокрема вивантаження — 0,5 хв, переїзд до гасильної вежі й назад — 2 хв, гасіння — 5 хв.

У зв'язку з цим час роботи електричних двигунів сумарною потужністю близько 16% часу роботи стаціонарної системи й сумарною потужністю  $P = 500$  кВт.

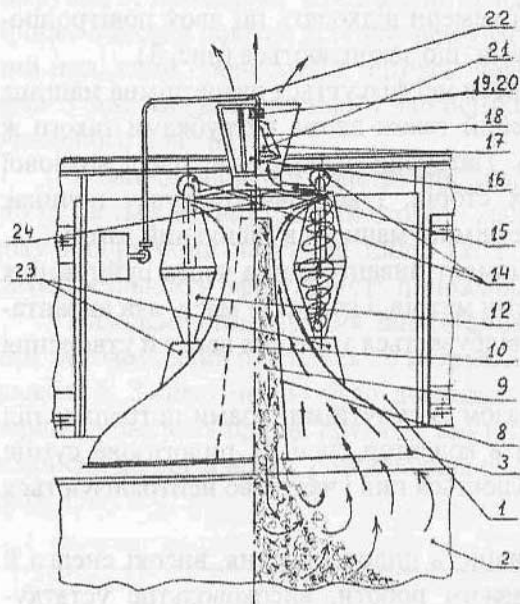


Рис. 3

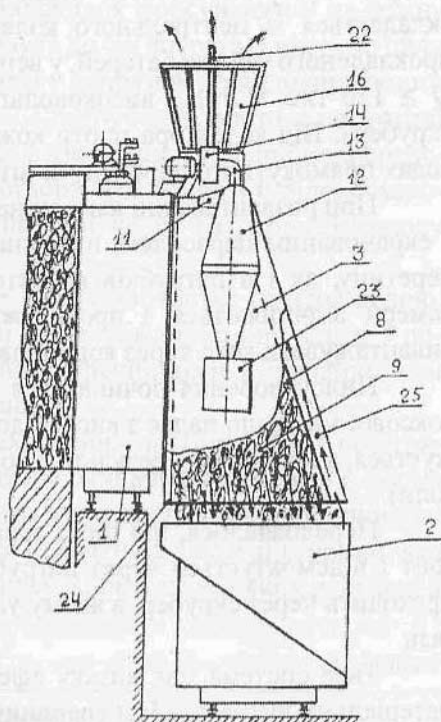


Рис. 4

Проте досягнути вимог ГДК у такій установці неможливо, тому ми запропонували конструкцію (рис. 4), перевагою якої є те, що тут в одному корпусі об'єднано три ступені очищення: відцентрова аналогічно звичайному циклону, інерційна — під час проходження через жалюзі віддільника (ноу-хау якого захищено охоронними документами України) і третій ступінь очищення — мокрий. Тут же, у мокрому ступені відбувається й часткова нейтралізація супутніх газів.

Проведені порівняльні дослідження запропонованого апарата та найкращого із сухих апаратів (табл. 2) довели переваги першого. Експериментальний пил — кварцовий пісок з медіанним діаметром  $50 \times 10^{-6}$  м.

Таблиця 2

Витрати повітря, м <sup>3</sup> /год.	Ефективність пиловловлювача, %		Гідравлічний опір, Па	
	Запропонованого апарата	Циклона ЦН-11	Запропонованого апарата	Прототипу
1000	96,8	96,0	100	120
1500	97,3	96,8	115	140
2000	98,0	97,2	120	150
2500	98,7	97,9	134	155
3000	99,1	98,8	141	160
3500	98,5	98,0	148	165

Підтверджені експериментальними дослідженнями результати теоретичних положень процесу руху зважених частинок у турбулентних вихрах довели, що збільшення ефективності вловлення пилу на 2–3% вдалося досягти конструктивним виконанням жалюзійного відокремлювача.

Визначені оптимальні конструктивні розміри жалюзі відокремлювача дали можливість не тільки підвищити ефективність роботи апарата, але і знизити гідравлічний опір його в 1,2 рази.

Підвищення ефективності пиловловлення і зниження його гідравлічного опору (енергосмності) дає можливість говорити про широкі перспективи впровадження цих апаратів у всіх без винятку галузях господарства, і насамперед для очищення повітря в коксохімічній галузі.

1. Батлук В. А. Нові методи очистки повітря в коксохімічному виробництві. / В. А. Батлук, А. В. Ляшеник, С. В. Шибанов, О. В. Мельников, І. В. Проскуріна // Вестник нац. техн. ун-та України «Київський політехнічний інститут». — 2008. — № 52. 2. Батлук В. А. Пиловловлення — основа вирішення проблеми техногенно-екологічного енергозбереження. / В. А. Батлук, І. В. Проскуріна, Р. М. Василів, Р. Ю. Сукач // Промислова гідраліка і пневматика. — 2008. — № 2 (20). — С. 44–48.

## СНИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ, КАК МЕТОД УСТРАНЕНИЯ ПОЖАРО-, ВЗРЫВООПАСНЫХ КАЧЕСТВ ПЫЛИ

*Приводится описание методов снижения пожаро-, взрывоопасных качеств промышленных пылей, в результате чего доказано, что наиболее эффективным из них есть метод снижения концентрации мелкодисперсной пыли путём улавливания её в принципиально новой конструкции центробежно-инерционного пылеуловителя, неотъемлемой частью которого является жалюзийный отделитель. Экспериментально определена зависимость эффективности его работы от конструктивных и технологических параметров работы установки. Внедрение предлагаемой установки позволяет уменьшить пожаро-взрывоопасные качества промышленных и достичь максимально возможной эффективности её улавливания, при снижении металло- и энергоёмкости.*



## **DECLINE OF CONCENTRATION DRIBNODISPERSNOGO DUST, AS METHOD OF REMOVAL OF POZHEZHO-, EXPLOSIVE QUALITIES OF DUST**

*Description of methods of decline of pozhezho-, explosive qualities of industrial dust is pointed, it is as a result well-proven that most effective from them is a method of decline of concentration of dribnodispersnogo dust by catching of it in an on principle new construction centrifugal-inertia pilovlovlyuvacha nevidemnoy part of which is a jalousie separator. Experimentally certain dependence of efficiency of his work is on the structural and technological parameters of work of setting. Introduction of the offered setting is given by possibility to decrease pozhezho-, explosive qualities of industrial and to attain maximally possible efficiency of its catching, at the decline of metalo- and power-hungryness.*

*Стаття надійшла 03.12.09*