

УДК 504.05:622.333

**Колесник В.Є.**, д-р техн. наук, професор,  
**Павличенко А.В.**, канд. біол. наук, доцент  
(Державний ВНЗ «НГУ»)

## **РОЗРОБКА СПОСОБІВ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВІД ПИЛОВИХ ВИКИДІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

**Колесник В.Є.**, д-р техн. наук, професор,  
**Павличенко А.В.**, канд. биол. наук, доцент  
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ОТ ПЫЛЕВЫХ ВЫБРОСОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

**Kolesnyk V.Ye.**, D.Sc. (Tech.), Professor,  
**Pavlychenko A.V.**, Ph.D. (Biol.), Associate Professor  
(State HEI «NMU»)

## **DEVELOPMENT OF THE WAYS OF REDUCTION OF ECOLOGICAL DANGER CAUSED BY DUST EMISSIONS OF COAL MINES**

**Анотація.** В результаті функціонування вентиляційної системи вугільної шахти в атмосфері через вентилятор головного провітрювання викидаються значні обсяги вуглепородного пилу. Викинутий в атмосферу грубодисперсний пил інтенсивно осідає в межах санітарно-захисної зони шахти. Тонкодисперсний пил виноситься за межі санітарно-захисної зони, забруднюючи навколишнє середовище на відстані до 3500 м від вугільної шахти. Екологічна небезпека пилових викидів обумовлює необхідність проведення заходів щодо знепилювання шахтних вентиляційних потоків, зниження викидів пилу в атмосферу або їхньої локалізації в межах санітарно-захисної зони шахти.

Облаштування в усті вентилятора головного провітрювання шахти водяних форсунок дозволить знизити висоту викиду та локалізувати пиловий викид у межах промислової площадки шахти. Запропоновано використовувати систему автоматичного зниження виносу пилу з гірничих виробок у вентиляційний ствол шахти на основі гідрофорсунок. Доочищення вихідного шахтного повітряного струменя від пилу в каналі вентилятору головного провітрювання рекомендується шляхом застосування ефективного проточного електрофільтра з низьким аеродинамічним опором.

**Ключові слова:** вугільна шахта, вентилятор головного провітрювання, пиловий викид, екологічна небезпека, пилоподавлення, електрофільтр.

**Вступ.** Одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря при функціонуванні вугільних шахт є їх вентиляційна система. З цієї системи в атмосферу через вентилятор головного провітрювання (ВГП) шахти викидається значна кількість забруднюючих речовин [1, 2].

Загальна потужність пилового викиду ВГП розподіляється між двома шахтними джерелами за респірабельним (тонкодисперсним) пилом в пропорції 4:6, де 4 частини – це частка скіпового підйому шахти, а 6 частин – частка гірничих виробок.

Загальна маса пилу, що викидається, визначається переважно роботою скіпового підйому та об'ємами гірської маси (вугілля й породи), що видаються на поверхню. Це обумовлено тим, що при роботі скіпового підйому з шахтного ствола в атмосферу в основному викидається грубодисперсний пил, у той час, як з гірничих виробок – переважно тонкодисперсний. Грубодисперсний пил встигає осісти в міру руху запиленого потоку повітря по вентиляційних виробках. Разом з тим, викинутий в атмосферу грубий пил інтенсивно осідає в межах санітарно-захисної зони (СЗЗ) шахти, яка для вугільних шахт становить 500 м. Тонкий пил виноситься за межі СЗЗ, забруднюючи навколишнє середовище та знижуючи екологічну безпеку в регіоні за пиловим фактором [1, 3]. Так при середній інтенсивності пилового викиду 60 г/с за добу викидається понад 5 т пилу (відповідно за рік близько 2 тис. т). Крім втрати вугілля (груба оцінка – 0,1 % видобутку шахти) за межами СЗЗ щорічно тільки від ВГП розсіюється близько 1 тис. т гірської породи, до складу якої входить значна кількість сульфідів, важких металів, що сприяють забрудненню довкілля [2].

При певних значеннях параметра атмосферної дифузії в напрямку вітру від ВГП формується зона від 500 до 3500 м (тобто за межами СЗЗ шахти) із приблизно однаковою запиленістю повітря, що біля земної поверхні може перевищувати ГДК пилу. Причому, навіть при малих концентраціях пилу, поступово осідаючи, накопичується в ґрунті, водоймах і рослинах, тому з погляду екологічної безпеки його варто локалізувати в межах СЗЗ. Саме тому виникає потреба в розробці заходів щодо знепилення шахтних вентиляційних потоків, зниження викидів пилу в атмосферу або їх локалізації в межах СЗЗ підприємства (шахти).

**Метою роботи** є розробка технічних рішень, спрямованих на зниження інтенсивності та дальності поширення пилових викидів вугільних шахт в атмосферу.

**Основна частина.** Для підвищення екологічної безпеки видобутку вугілля підземним способом рекомендується застосовувати комплекс протипилових заходів, що зокрема передбачає зрошення й пиловловлення. Очевидно, що застосування зазначених заходів забезпечить або буде сприяти одночасно мінімізації шахтних пилових викидів у навколишнє середовище й підтримці припустимих рівнів запиленості повітря як у межах СЗЗ підприємства, так і за її межами [3-5].

Аналіз конструкцій пристроїв для пилоподавлення при вивантаженні й навантаженні гірської маси, виконаний на основі патентної документації, дозволяє відзначити, що необхідним є впровадження нових конструкцій пристроїв подавлення пилу, що виключають або зменшують його винос з повітряними потоками, дозволяючи зменшити витрати на очищення повітря.

Значна увага приділяється подальшому вдосконаленню конструкцій пристроїв, призначених для знепилювання в бункерах, з урахуванням кількості гірничої маси, що завантажується. Для зниження інтенсивності виділення пилу при контакті падаючої гірської маси з повітряним потоком рекомендується застосовувати автоматичні зрошувальні пристрої, що дозволяють регулювати ви-

трату води залежно від кількості матеріалу, що перевантажується, і ступеня запиленості повітря.

Збільшення фізичної висоти джерела над землею поверхнею призводить до інтенсивного розсіювання пилу на більшій території [3-5], проте знижує рівні запиленості повітря в приземному шарі. Зниження висоти, навпаки зменшує дальність переносу пилу в напрямку вітру, локалізує область розсіювання пилу. Ці положення наочно підтверджені нами в обчислювальних експериментах щодо розсіювання пилу на розробленій за участю авторів математичної моделі реалізованої в програмному пакеті Scilab, причому приймалася до уваги не тільки фізична висота, але й віртуальна, котра не має постійного значення, а визначається станом атмосфери й співвідношенням температури навколишнього повітря.

Локалізувати пил пропонується двома способами. Перший спосіб можна реалізувати шляхом укрупнення пилових частинок, що викидаються вище рівня дифузора ВГП, тобто шляхом створення умов для коагуляції дрібних частинок. Це призведе до більш інтенсивного осідання укрупнених пилових агломератів в межах СЗЗ підприємства. Другий спосіб заснований на зниженні віртуальної висоти ВГП і базується на забезпеченні негативного значення різниці між температурою повітряного струменя, що викидається, і температурою навколишнього атмосферного повітря, або за рахунок підтримки зазначеної різниці на мінімальному рівні при будь-яких станах атмосфери.

Відомо, що температура вентиляційного струменя з ВГП мало змінюється в добовому й річному ході, у порівнянні з температурою навколишнього атмосферного повітря, тому протягом доби або року завжди знайдуться проміжки часу, коли згадані умови щодо різниці температур будуть виконуватися самі собою. Однак, у холодний час доби або року реалізація способу потребує штучного охолодження повітря, що викидається з шахти, з метою зниження висоти підйому відносно теплого повітряного струменя. При цьому кількість тепла, що викидається разом з повітряним струменем ВГП, за даними теплових зйомок для різних шахт, може змінюватися в межах приблизно від 10 до 30 МВт при відносній вологості 93-100%. З огляду на питому теплоту переходу «вода-пар», обумовлену залежністю  $L=(2501-2,72t_0)$  кДж/кг, нескладно підрахувати, що при  $t_0=26^\circ\text{C}$  згаданої теплової енергії вистачить для випару від 4,1 до 12,3 кг води за секунду (246-738 л/хв).

Облаштування в усті вентилятора водяних форсунок відповідної продуктивності дозволить певною мірою остудити повітряний струмінь ВГП і знизити віртуальну висоту викиду, тобто можлива практична реалізація згаданого вище другого способу. Зазвичай подача великої кількості води ставить під сумнів ефективність заходу. Однак на практиці об'єм води можна зменшити, а крім того регламентувати час її подачі, пристосувавши до часу найбільших викидів пилу із ВГП протягом доби; до того ж треба враховувати кліматичні умови.

Слід зазначити, що подача надлишкової води у вихідний струмінь вентилятора, що і так насичений вологою на 93-100 %, буде сприяти конденсації водяної пари й одночасній коагуляції дрібних частинок пилу з утворенням більших

агломератів (кластерів), швидкість осідання яких в атмосферному повітрі зростає, сприяючи більш швидкому осіданню пилу.

Ефективність цього способу оцінимо на прикладі вентилятора головного провітрювання шахти Тернівська (ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»), на якій використовується здвоєний осьовий вентилятор типу ВОД 30М. Вентилятор викидає від 120 до 160 м<sup>3</sup>/с повітря через устя шириною  $b_0=1,2$  м при середній швидкості струменя  $W=24,7$  м/с й інтенсивності пилового викиду  $q=157$  г/с. Дисперсний склад пилу, що викидається із ВГП, представлений наступним масовим розподілом: 0-10 мкм – 33,6%; 10-30 мкм – 59,5%; більше 30 мкм – 6,9%. Як бачимо, у викиді переважають частки пилу розміром менше 30 мкм.

Оскільки вентиляційний струмінь на виході з ВГП шахти спрямований не вертикально, а під кутом до горизонту (близько 25-30°), то фактично вісь вентиляційного струменя теж буде повернена щодо горизонту на зазначений кут. Далекобійність такого струменя можна попередньо оцінити з урахуванням тільки його кінетичної енергії. У результаті для розглянутого шахтного вентилятора ( $W=24,7$  м/с;  $b_0=1,2$  м) і швидкості вітру  $u=3$  м/с середня дальність викиду складе 29,6 м.

Для струменя, нахиленого до горизонту під кутом приблизно 30°, отримаємо висоту підйому над рівнем устя ВГП –  $\Delta h \approx 15$  м. З урахуванням стану атмосфери – «байдужа» і температури навколишнього повітря близько +10°C ефективна висота підйому струменя над землею поверхнею складе  $H \approx 100$  м.

Для забезпечення коагуляції нами пропонується ввести в потік, що викидається вентилятором, краплинну вологу об'ємом до 100 л за хвилину з використанням типових гідрофорсунок. При цьому концентрація надлишкової вологи в повітряному струмені складе 5-6 г/м<sup>3</sup>. Надлишок вологи ініціює процес конденсації водяної пари в струмені й сприяє інтенсивній коагуляції дрібних часток пилу зі збільшенням середнього розміру утворених пилових агрегатів у викиді, що призводить до більш швидкого їх осідання через зростання їх розмірів і відповідно швидкості осідання утворених частинок.

Для забезпечення зазначеної продуктивності по воді були використані типові конусні форсунки типу КФ-3.3-40, які рекомендується розташувати по периметру устя дифузорів у кількості 16 штук при тиску у водогінній мережі 0,4 МПа.

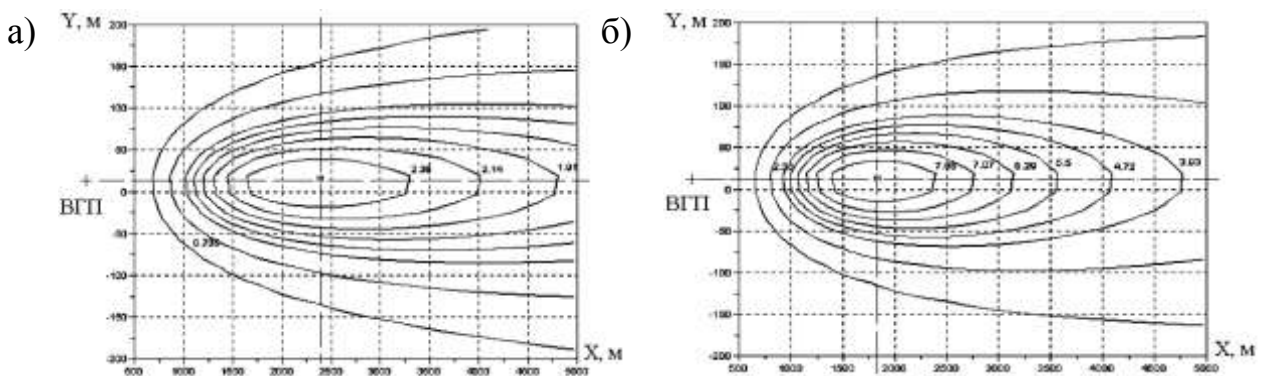
У результаті взаємодії краплинної вологи й запиленого потоку з ВГП на відстані 70-150 м від його устя починається процес коагуляції часток. При зниженні швидкості струменя до 3 м/с руйнування коагулянтів практично припиняється. Дисперсний склад частинок пилу, що утворилися, представлений наступним розподілом: 0-10 мкм – 7,8%; 10-30 мкм – 59%; понад 30 мкм – 34%.

Як бачимо, основну масу пилу становлять частки розміром більше 10 мкм, тобто грубий пил, причому істотно зросла (приблизно на 28%, у порівнянні з вихідною) частка частинок розміром понад 30 мкм при приблизно такому ж відносному зниженні вмісту тонкого (респірабельного) пилу.

Результати розрахунків полів осідання пилового викиду на території, що оточує шахту в напрямку вітру, до й після зрошення струменя ВГП

представлені на рис. 1. Графіки отримані шляхом обчислювального експерименту на математичній моделі, розробленій авторами з використанням програмного пакета Scilab з урахуванням дисперсного складу пилу, при інтенсивності пилового викиду  $q=157$  г/с швидкості вітру 3 м/с і коефіцієнті дифузії  $3,0$  м<sup>2</sup>/с.

Зіставлення діаграм інтенсивності осідання пилового викиду на території, що оточує шахту, показує, що без зрошення найбільша інтенсивність осідання пилу (близько 2,3 мг за добу) приходить на ділянку довжиною в напрямку вітру від 1600 до 3300 м і шириною близько 70 м. (рис. 1а). Максимум концентрації пилу ( $0,95$  мг/м<sup>3</sup>) на рівні подиху людини зосереджений на віддаленні приблизно 2200 м від ВГП. За межами СЗЗ, що становить для шахти 500 м, під впливом пилового викиду перебуває значна територія.



а, б – відповідно до і після зрошення; + – точка розташування ВГП із координатами  $x=0$  м,  $y=10$  м; \* – точка максимальної інтенсивності осідання пилу  
Рисунок 1 – Поля інтенсивності осідання пилу на координатній площині  $X;Y$  від точки розташування ВГП у напрямку вітру, що збігається з віссю  $X$

Облаштування водяної завіси забезпечує переміщення точки максимальної інтенсивності осідання пилу убік ВГП приблизно з 2350 до 1650 м (рис. 1б). При цьому область інтенсивного осідання пилу локалізувалася на меншій ділянці довжиною від 1400 до 2400 м при ширині близько 50 м.

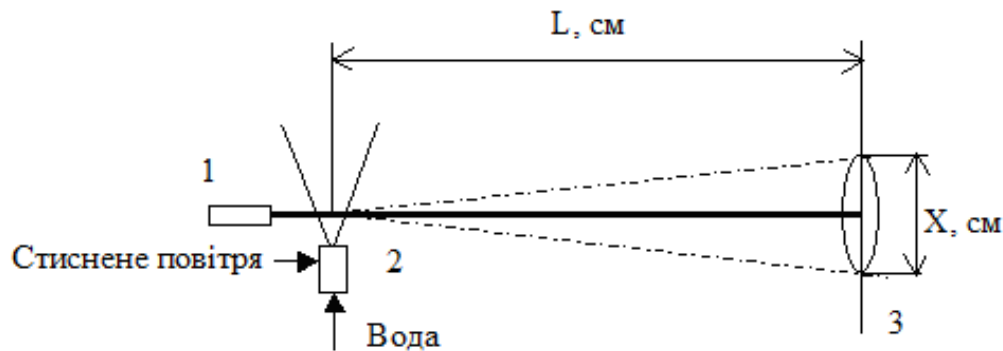
Після проведення заходу максимум концентрації пилу на висоті подиху людини перемістився до ВГП. Область інтенсивного осідання пилу звузилася й істотно наблизилася до території шахти. Оскільки промисловий майданчик шахти покритий асфальтом, на ньому зручно проводити регулярне збирання пилу, що осів. Крім того, на території передбачені злизові канавки, у які буде надходити пил, змитий опадами. Утворений шлам доцільно направляти в ставок відстійник.

Аналіз способів розпилювання рідини (води) показує перевагу пневматичного способу перед механічним, котрий полягає в можливості одержання більш тонкодисперсної суміші, що дозволить вловлювати частинки менше 10 мкм. У форсунках пневматичного розпилення ступінь дроблення рідини залежить, в основному, від швидкості або витрати повітря, що подається у форсунку. Аналіз конструкції й роботи пневматичних форсунок показав, що необхідне

диспергування забезпечується, якщо на 1 кг рідини витрачається 1 кг повітря.

Більше застосування знаходять форсунки високого напору з тиском 300-700 кПа й швидкістю повітря на виході із сопла сотні метрів у секунду. Пневматичні форсунки високого напору бувають прямоструменеві й відцентрові. Серед прямоструменевих виділяється група так званих ежекційних форсунок, що знайшли широке застосування в енергетиці. Ежекція забезпечується або соплом Лаваля (у круглих форсунках), або особливим розташуванням щілин (у форсунках плоского типу).

Нами були проведені випробування експериментальних зразків малогабаритних гідророзпилювачів (ЕГ), у яких діаметр сопла  $d$  не перевищував 1 мм при діаметрі кільцевого отвору  $D$  близько 2 мм. Визначення середнього розміру часток безпосередньо у факелі розпилювання такої форсунки виконувалося за дифракцією Фраунгофера на хаотичній структурі. Суть її полягає в пропусканні когерентного пучка світла через контрольоване дисперсне середовище. При цьому про розмір часток (крапель) судять за розміром центральної світлої плями дифракційної картини на екрані, поміщеному на достатньому віддаленні від джерела (рис. 2).



1 – лазерний випромінювач; 2 – ежекційний розпилювач; 3 – екран

Рисунок 2 – Схема визначення середнього розміру краплі диспергованої рідини

В якості джерела когерентного випромінювання використовували напівпровідниковий лазер потужністю близько 3 мВт з довжиною хвилі випромінювання  $\lambda=0,75$  мкм. Тиск стисненого повітря в ЕГ змінювався східчасто. При цьому вимірявся розмір  $X$ , видимий на екрані в затемненому приміщенні, а оцінка середнього розміру частинок проводилася за формулою:

$$\bar{d} = 1,22 \frac{\lambda}{X} L, \text{ мкм.}$$

Відносна похибка визначення розміру краплі дифракційним методом оцінена величиною близько 6%, а основні результати випробувань ЕГ наведені на відповідному усередненому графіку (рис. 3).

За допомогою малогабаритних ЕГ вдається суттєво знизити розміри одержуваних крапель, у порівнянні із пневмогідравлічними форсунками (ПГФ). Тому можна очікувати, що ЕГ буде досить ефективно придушувати пил з

розмірами часток в області 5-20 мкм при істотно меншій витраті води. Це дозволить використати ЕГ для формування завіс на вихідних потоках, зокрема в гірничих виробках, що примикають до вентиляційного ствола шахти.

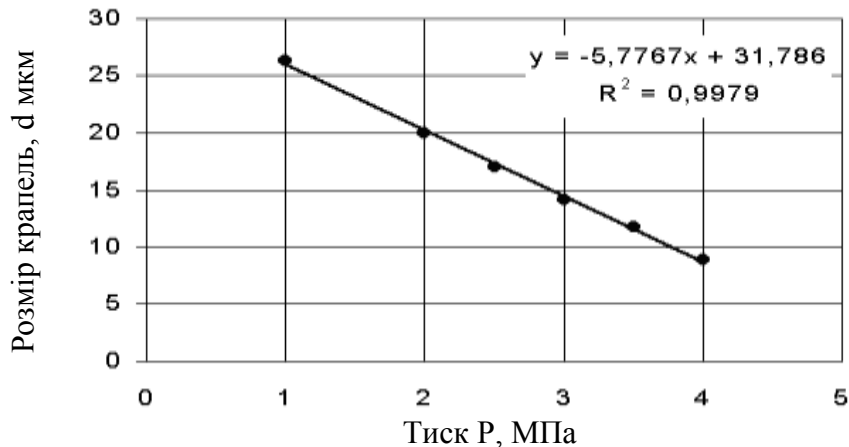


Рисунок 3 – Залежність розмірів одержуваних крапель від тиску стисненого повітря (точки) і відповідна лінія регресії (суцільна лінія)

Аналіз роботи розглянутих засобів показав, що найбільш небезпечний для людини пил (менше 5 мкм) при зрошенні запиленого повітря дисперговою водою придушується слабо, особливо в зоні загасання факела форсунки. Проте відомо, що коагуляційна здатність крапель значно підвищується, якщо вони несуть на собі електричний заряд. Для підвищення ступеня придушення респірабельного пилу з розмірами часток менше 5 мкм диспергированою водою її краплям треба надати електричний заряд. Найбільш простим є спосіб електризації водного аерозолі за допомогою коронного розряду. Тому перспективним є використання водоповітряного ежектора (ВПЕ) для зарядки пилового аерозолі у вентиляційному струмені ВГП (рис. 4).

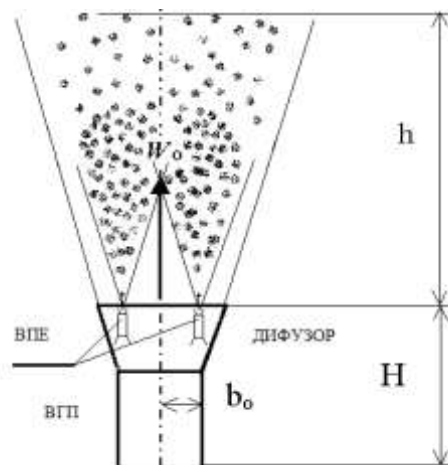
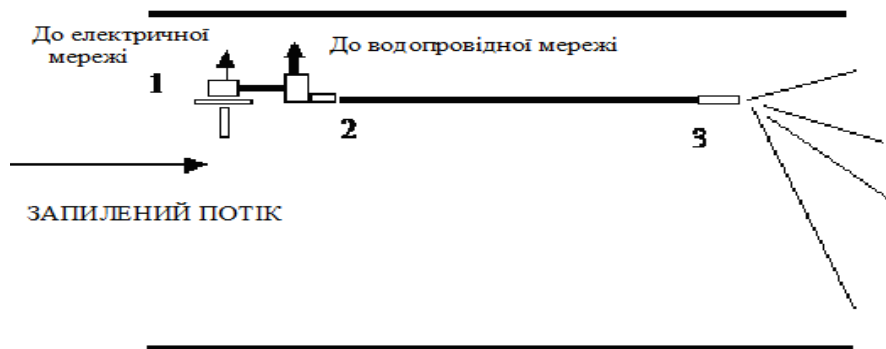


Рисунок 4 – Схема розміщення 2-х або 4-х установок ВПЕ в усті ВГП із вертикальним викидом

Щоб не перекривати перетин ВГП, можна розмістити ВПЕ відразу за периметром устя, оскільки краплі рідини будуть втягнені у вентиляційний

струмінь. При цьому дальність поширення повітряно-крапельної суміші, створеної ВПЕ, з урахуванням швидкості вентиляційного струменя 10-12 м/с, досягне 40-50 м. Реалізація такої системи можлива на шахтах, небезпечних по газу, оскільки вміст метану у струмені, що викидається з ВГП, не перевищує 0,5%, до того ж вода є інгібітором, що робить установку безпечною в експлуатації.

Для придушення пилу авторами пропонується також система автоматичного душення пилу водяними форсунками по ходу вентиляційного струменя, а також у місцях навантаження й розвантаження гірської маси, де пил, що утворюється, є в основному грубодисперсним. У шахтних умовах синхронізація роботи водяних форсунок з досить інтенсивним надходженням пилу підвищить ефективність зрошення й одночасно виключить невиправдану витрату води. Забезпечити зазначену синхронізацію може система автоматичного зрошення, що заснована на використанні датчика запиленості повітря, який реагує на вміст у повітрі певної кількості грубого пилу, та є індикатором інтенсивного пилоутворення. Функціональна схема системи приведена на рис. 5.



1 – датчик грубого пилу; 2 – електрогідравлічний вентиль (клапан); 3 – гідрофорсунка

Рисунок 5 – Функціональна схема системи автоматичного душення пилу дисперговою водою

Система забезпечує виконання наступних основних функцій:

- автоматичне формування на виході датчика сигналу про надходження грубодисперсних часток пилу певної концентрації;
- формування команди (0; 1) на включення електрогідравлічного вентилля (клапана) для подачі води в гідрофорсунку;
- сигналізацію працездатності датчика грубого пилу.

Функції людини в системі зводяться до технічного обслуговування (чищення датчика від пилу) і періодичної перевірки або регулювання порога спрацьовування електрогідравлічного вентилля (клапана).

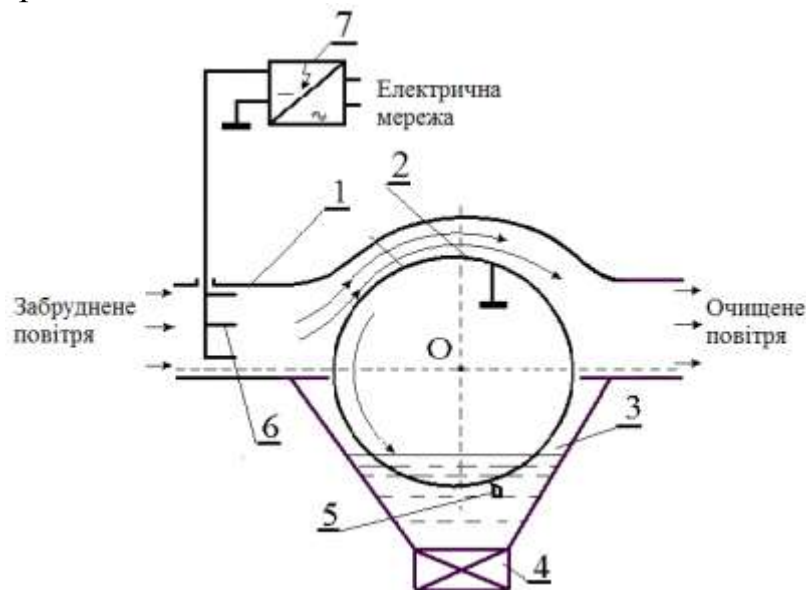
Також розглянемо можливість використання електродинамічного фільтра (електрофільтру) для вловлювання шахтного пилу в каналі ВГП. Особливістю таких каналів є висока швидкість повітряного потоку й недопустимість розміщення пиловловлюючого устаткування зі скільки-небудь істотним аеродинамічним опором, здатним відчутно знизити продуктивність ВГП. Крім того, в умовах вибухонебезпечних газових шахт істотне значення має



вибухонебезпечність електрофільтрів. При цьому необхідно мати на увазі, що вміст метану у вентиляційних каналах ВГП газових шахт й у повітрі, що викидається в атмосферу, зазвичай становить близько 0,3 об. %, а за правилами безпеки не повинний перевищувати 0,5 об. % у той час, як метан починає вибухати приблизно з 6 об. %. Поява такої концентрації на виході ВГП малоімовірна, але однаково наявність метану зажадає, по-перше, спеціального дозволу на використання електрофільтра, а по-друге – створення засобів його вибухозахисту або захисного відключення. Необхідно пам'ятати й про вибуховість вугільного пилу, хоча утворення її вибухових концентрацій у викиді практично неможливо.

Для доочищення вихідного повітряного струменя від пилу можна використати ефективний проточний електрофільтр з низьким аеродинамічним опором вентиляційному потоку (рис. 6).

Електрофільтр працює в такий спосіб: забруднений потік проходить через поле коронного розряду електродів 1, де часточки забруднювачів заряджаються й рухаються з потоком повітря в напрямку обертового осадного електрода 2. Осадження заряджених часточок відбувається на його поверхні як під дією електростатичної сили, так і під дією сили інерції, в результаті дії якої при обтіканні сферичної поверхні цього електрода часточки забруднювача виходять з ліній струму повітря й взаємодіють із попередньо змоченою зовнішньою поверхнею електрода.



1 – корпус; 2 – осадний електрод, що обертається; 3 – бункер; 4 – накопичувач шламу; 5 – підпружинений шкребок; 6 – коронуючі електроди; 7 – джерело високої напруги

Рисунок 6 – Проточний електрофільтр з малим аеродинамічним опором

Змінюючи відстань між електродом і корпусом в області розширення, можна управляти аеродинамічним опором проточного електрофільтра. Налиплі частки пилу за допомогою підпружиненого шкребка 5 знімаються з поверхні електрода 2 під час обертання останнього та падають у бункер 3 під дією ваги й далі утилізуються.

Таким чином, у запропонованому електрофільтрі, що відрізняється від відомих пристроїв, ступінь очищення досягається незалежно від величини початкової швидкості забрудненого повітряного потоку, причому підвищені швидкості сприяють аеродинамічному вловлюванню пилу.

Екологічна ефективність запропонованих технічних рішень очевидно повинна оцінюватися за кратністю зменшення індексів або ризиків забруднення атмосфери пилом до і після застосування технічних засобів. Так, відповідно до методичних вказівок МОЗ України [6], оцінку рівня екологічного ризику здійснюють шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції забруднювача з безпечними (референтними) рівнями впливу й визначенням коефіцієнта небезпеки як відношення:

$$HQ = AD/RfD,$$

де  $AD$  – середня концентрація,  $\text{мг/м}^3$ ;  $RfD$  – референтна (безпечна), або гранично допустима концентрація,  $\text{мг/м}^3$ .

По отриманій кратності відхилення вмісту пилу від референтної концентрації визначають фактичний ступінь екологічної небезпеки джерела пилу в обраних точках території. Наприклад, рівні екологічного ризику на границі санітарно-захисної зони до й після впровадження заходу щодо зменшення пиловиділення склали відповідно:

$$HQ_1 = \frac{3,75}{0,3} = 12,5 ; HQ_2 = \frac{0,52}{0,3} = 1,7 .$$

Тобто рівень екологічного ризику при впровадженні запропонованого методу від зниження пиловиділення зменшився з 12,5 до 1,7, що згідно табл. 1, означає зміну ступеня екологічної небезпеки з «дуже небезпечний» на «слабко небезпечний».

Таблиця 1 – Класифікація рівнів екологічної небезпеки по кратності перевищення ГДК забруднювача в атмосфері

| Кратність перевищення ГДК | Рівень забруднення | Ступінь небезпеки  |
|---------------------------|--------------------|--------------------|
| <1                        | Припустимий        | Безпечна           |
| >1-2                      | Неприпустимий      | Слабко небезпечна  |
| >2-4,4                    | Неприпустимий      | Помірно небезпечна |
| >4,4-8                    | Неприпустимий      | Небезпечна         |
| >8                        | Неприпустимий      | Дуже небезпечна    |

Запропонований спосіб оцінки ефективності заходів щодо зниження викидів пилу й рівнів екологічної небезпеки цих викидів за пиловим фактором орієнтований на використання відносних змін приземної концентрації пилу.

### Висновки.

1. Облаштування в усті вентилятора головного провітрювання шахти водяних форсунок, в тому числі і пневмогідравлічних, дозволить остудити повітряний струмінь з устя, знизити віртуальну висоту викиду, підвищити ступінь коагуляції дрібних частинок в агломерати з підвищеною швидкістю осідання та

локалізувати пиловий викид у межах промислової пощадки шахти на меншій площі, наближеній до устя вентилятора.

2. Запропоновано систему автоматичного зниження виносу пилу з гірничих виробок у вентиляційний ствол шахти на основі гідрофорсунок, в яких подача води регулюється за допомогою датчика пилу, що реагує на вміст у повітрі певної кількості грубого пилу.

3. Запропоновано доочищувати вихідний шахтний повітряний струмінь від пилу в каналі вентилятору головного провітрювання негазових шахт на основі застосування ефективного проточного електрофільтра з низьким аеродинамічним опором вентиляційному потоку.

---

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kolesnik, V.Ye. Determination of dynamic parameters of dust emission from a coal mine fang / V.Ye. Kolesnik, A.V. Pavlichenko, Yu.V. Buchavy // *Naukovy Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2016. – №2. – pp. 81–87.
2. Бунько, Т.В. Основные положения структурной идентификации вентиляционной сети и ее применение при анализе вентиляции шахты им. А.Ф. Засядько / Т.В. Бунько // *Геотехнічна механіка : міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України*, 2002. – Вип. 35. – С. 122-128.
3. Павличенко, А.В. Ідентифікація екологічних ризиків, що виникають на різних етапах функціонування вугледобувних підприємств / А.В. Павличенко // *Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України*, 2015. – Вип. 124. – С. 280-288.
4. Shupranova, L.V. Air pollution assessment in the Dnepropetrovsk industrial megapolice of Ukraine / L.V. Shupranova, V.M. Khlopova, M.M. Kharytonov // *Air Pollution Modeling and its Application XXII. NATO Science for Peace and Security Series – C: Environmental Security*. Springer. – 2014. - pp. 101–104.
5. Cooper, C.D. Air Pollution Control: A Design Approach / C.D. Cooper, F.C. Alley // Long Grove (IL): Waveland press. - 2011. – XVI. – 839 p.
6. Государственные санитарные правила охраны атмосферного воздуха населенных мест (от загрязнения химическими и биологическими веществами). Введены МОЗ Украины 09.07.97. Приказ № 201.

#### REFERENCES

1. Kolesnik, V.Ye, Pavlichenko, A.V. and Buchavy, Yu.V. (2016), «Determination of dynamic parameters of dust emission from a coal mine fang», *Naukovy Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 2, pp. 81–87.
2. Bunko, T.V. (2002), «Main positions of structural authentication of ventilation network and its application at the analysis of ventilation of A.F. Zasyadko mine», *Geo-Technical Mechanics*, , no. 35, pp. 122-128.
3. Pavlychenko, A.V. (2015), «Identification of ecological risks emerging in different stages of coal mining enterprises operation», *Geo-Technical Mechanics*, no. 124, pp. 280-288.
4. Shupranova, L.V., Khlopova, V.M. and Kharytonov, M.M. (2014), «Air pollution assessment in the Dnepropetrovsk industrial megapolice of Ukraine», *Air Pollution Modeling and its Application XXII. NATO Science for Peace and Security Series*, C: Environmental Security. Springer, pp. 101–104.
5. Cooper, C.D. and Alley, F.C. (2011), *Air Pollution Control: A Design Approach*, Long Grove (IL): Waveland press, XVI, 839 p.
6. *Gosudarstvennye sanitarnye pravila okhrany atmosfernogo vozdukha naseleennykh mest (ot zagryazneniya khimicheskimi i biologicheskimi veshchestvami)* [State sanitary rules of air protection in populated areas (from contamination by the chemical and biological matters)] (1997), Introduced by Ministry Protection of Health of Ukraine 09.09.97, Order no. 201.

---

#### Про авторів

**Колесник Валерій Євгенійович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпро-

петровськ, Україна, kolesnikve@yahoo.com

**Павличенко Артем Володимирович**, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпропетровськ, Україна, pavlychenkoa@nmu.org.ua.

#### About the authors

**Kolesnyk Valerii Yevnenovych**, Doctor of Technical Science (D.Sc.), Professor, Professor of ecology department, State Higher Education Institution «National Mining University», SHEI «NMU», Dnipropetrovsk, Ukraine, kolesnikve@yahoo.com.

**Pavlychenko Artem Volodymyrovych**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of ecology department, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, pavlychenkoa@nmu.org.ua.

**Аннотация.** В результате функционирования вентиляционной системы угольной шахты в атмосферу через вентилятор главного проветривания выбрасываются значительные объемы углеродной пыли. Выброшенная в атмосферу грубодисперсная пыль интенсивно оседает в пределах санитарно-защитной зоны шахты. Тонкодисперсная пыль выносятся за пределы санитарно-защитной зоны, загрязняя окружающую среду на расстоянии до 3500 м от угольной шахты. Экологическая опасность пылевых выбросов обуславливает необходимость проведения мероприятий по обеспыливанию шахтных вентиляционных потоков, снижению выбросов пыли в атмосферу или их локализации в пределах санитарно-защитной зоны шахты.

Обустройство в устье вентилятора главного проветривания шахты водных форсунок позволит снизить высоту ее выброса, локализовать пылевой выброс в пределах промышленной площадки шахты. Предложено использовать систему автоматического снижения выноса пыли из горных выработок в вентиляционный ствол шахты на основе гидрофорсунок. Доочистка выходной шахтной воздушной струи от пыли в канале вентилятора главного проветривания рекомендуется путем применения эффективного проточного электрофильтра с низким аэродинамическим сопротивлением.

**Ключевые слова:** угольная шахта, вентилятор главного проветривания, пылевой выброс, экологическая опасность, пылеподавление, электрофильтр.

**Abstract.** As a result of operation of coal mine ventilation system, huge volumes of carbon and stone dust are emitted from a main fan into the atmosphere. The coarse dust emitted adheres in the sanitary protection zone of a mine. Fine dust is spread outside the zone and contaminates the environment at the distance of 3500 m from a coal mine. The ecological danger of dust emissions substantiates the necessity of measures for dust elimination of mine ventilation airflows, reduction of dust emissions into the atmosphere or their allocation inside the sanitary protection zone.

Installation of watering nozzles in the air end of mine main fan enables cooling of air flow from the air end and reduction of release height, as well as allocation of dust emission inside the industrial site of a mine. It is proposed to use the system of automatic decrease of dust discharge from mine workings into up-cast as based on hydraulic nozzles. It is recommended to provide post treatment of return ventilation current from dust in duct of main fan by means of use of the proper electrostatic streamline filter of low air-flow resistance.

**Keywords:** coal mine, main fan, dust emission, ecological danger, dust control, electrostatic filter.

*Статья поступила в редакцию 12.07.2016*

*Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Софийским К.К.*