

УДК 622.272: 697.956

О.Є. ЛАПШИН, д-р техн. наук, проф., І.А. ФЕДУСОВ, аспірант
Криворізький національний університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ, ПОРІВНЯННЯ ПИЛОВЛОВЛЕННЯ В ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОФІЛЬТРА ТА ГРАВІЙНОГО ФІЛЬТРА

Описано розроблену комп'ютерну програму ефективності пиловловлювання в електрофільтрах та гравійних гідро фільтрах, та порівняння їх ефективності. При використанні їх у підземних умовах пристовбурових виробках рудникових шахт.

Постанова проблеми. У результаті досліджень проведених на шахтах Кривого Рогу були отримані санітарно-гігієнічні характеристики процесів, що супроводжуються виділенням пилу, а також і самого устаткування, що порохить.

Найбільша запиленість повітря на місцях в: розвантаження вагонів у підземні бункери 40-200 мг/м³; подрібнення в шоквих дробарках (робоче місце машиніста) 40-4000 мг/м³; пластинний живильник (біля живильника) 10-1000 мг/м³; перевантаження з конвеєра на конвеєр (біля конвеєра) 50-400 мг/м³; завантаження скіпів (біля скіпа) 50-1000 мг/м³.

На початку технологічної ланки, з переробки залізної руди, вона проходить в пристовбурових виробках шахти, шлях від розвантаження в бункер до завантаження в скіп.

Це зумовлює вихід великої кількості пилу, ще на початку руху повітря до зони гірничих робіт, і перевищує гранично допустиму концентрацію пилу в повітрі, що не припустимо [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відома велика різноманітність фільтраційних пиловловлюючих пристроїв, що з успіхом використовуються в різних галузях промисловості [2,5]. Прості і ефективні апарати потребують досить складних інженерних рішень з регенерації при фільтрації шахтного повітря від пилу, що додатково ускладнюється високою швидкістю переміщення часток в повітрі.

Метою роботи. Є розробка комп'ютерної програми за допомогою якої наглядно можна оцінити ефективність пиловловлювання в повітрі, яке забруднюється під час технологічних процесів які відбуваються в пристовбурових виробках рудникових шахт.

Викладення матеріалу та результати. Існуючі способи та засоби боротьби з пилом, що утворюються при періодичних перевантажуваннях гірничої маси і забруднюють рудникову атмосферу, є недостатньо ефективними. Так, на шахтах Кривого Рогу в системах аспірації підземних камер опрокидів у відповідності з проектом встановлені рукавні фільтри типу Г4 – ИБФМ. Практика їх експлуатації показала, що для них потрібні більш високі енерговитрати через їх підвищений гідравлічний опір – 1000-1500 Па (проти 100-150 Па для електрофільтрів), а також для умов агресивної шахтної атмосфери з майже 100% відносною вологістю повітря тому, що фізичні властивості пилу характеризуються здатністю до злипання необхідність періодично приблизно один раз на рік замінювати фільтруючий матеріал високої вартості від накопиченого пилу інакше подальша його регенерація практично неможлива, що вимагає значних експлуатаційних витрат.

До недоліків установок рукавних фільтрів слід віднести також громіздкість, що в ряді випадків стримує їх застосування при очищенні великих об'ємів газів (понад 0,5 млн м³/ч), які використовуються зараз в підземних умовах.

У зв'язку з цим аспіраційні системи працюють не ефективно і працівники для захисту органів дихання використовують виключно засоби індивідуального захисту (респіратори типу «Пульс К», «Пульс М», «Росток», «Лепесток»).

Такий же стан речей спостерігається і на інших шахтах Криворізького басейну. Запиленість повітря в місцях періодичних перевантажень в десятки раз перевищує рівень гранично допустимих концентрацій їх значення наведено вище.

Високі рівні запиленості, не зважаючи на використання проти пилових респіраторів, спричиняють захворюваність персоналу який обслуговує технологічний процес на силікоз, пиловий

бронхіт та інші хвороби. Захворюваність цими професійними недугами коливається в значних межах. Так за певними даними на ПАТ «Суша Балка» та ПАТ «КЖРК» й інших підприємствах вона має тенденцію на зростання з 2000 р. Це призводить до соціальних, прямих і не прямих матеріальних витрат. У зв'язку з цим, опрацювання раціональних схем аспірації та розроблення ефективних засобів уловлювання пилу в пристовбурових камерах та комплексах є актуальною задачею. У сучасній практиці уловлювання пилу на гірничих підприємствах світ використовуються різні види механічних та електричних фільтри. До механічних відносяться фільтри, в яких для уловлювання пилових частинок використовуються гравітаційні та інерційні сили, явища молекулярної й турбулентної дифузії, а також ефект захвату. На цій основі розроблено різні конструкції ударно-компенсаційних, гравійних, кутикових, ударно-інерційних та тканинних фільтрів. До електрофільтрів відносяться апарати, в яких використовуються електромагнітні ефекти захвату пилу.

Тому, враховуючи вимогу підприємств постало питання: який фільтр буде матиме найменшу вартість та найбільшу ефективність очищення повітря від пилу? Провівши огляд існуючих фільтрів для очищення повітря від пилу було виділено електрофільтр та гравійний фільтр як ті фільтри що найбільш ефективні. Для більш наглядного огляду їх ефективності мною була розроблена комп'ютерна програма для математичного моделювання на ЕОМ порівняння пиловловлення в підземних умовах за допомогою електрофільтру та гравійного фільтру при зміні певних показників фільтрів при заданій швидкості руху забрудненого повітря.

Сама програма була написана мовою C# і для полегшення й стандартизації введення даних - було ухвалене рішення використати зв'язування Windows Forms + ZedGraph.

В підсумку можна вводити значення параметрів звичним для Windows способом, і відразу бачити графік залежності обчисленого значення від значень, що вводять.

Для того, що б не «створювати велосипед», якісно й кількісно поліпшити процес розробки - використовувалися готові форми. Windows Forms - назва інтерфейсу програмування додатків (API), відповідального за графічний інтерфейс користувача і являється частиною Microsoft .NET Framework. Даний інтерфейс спрощує доступ до елементів інтерфейсу Microsoft Windows за рахунок створення обгортки для існуючого Win 32 API у керованому кодї. ZedGraph - бібліотека класів, написана на C#, для малювання ліній, діаграм, графіків, кругових діаграм і т.ін.

Тобто, користувачеві потрібно ввести дані і одержати результат. Дані в програму були закладені спочатку потрібно тільки змінювати їхнє значення з використання бігунків (рис. 1), які приймають значення в таких межах:

число n - число коронуючих електродів в електрофільтрі і може приймати значення від 1 до 10 одиниць

значення L - відстань від кінців коронуючих електродів до осаджувальних пластин (мм), можна змінювати від 5 до 300 мм.

значення I - сила тока в діапазоні від 0,25 до 5,0 мкА з кроком 0,5

значення V - швидкість повітря на вході в фільтр (м/с) і може змінюватись в межах від 1 до 7 м/с з кроком в 1 м/с.

значення S - товщина коронуючого електрода в межах від 1 до 20 мм з кроком в 1 мм.

значення d_1 - мінімальний діаметр фракції гравію змінюється в межах від 1 до 390 мм.

значення d_2 відповідно максимальний діаметр фракції гравію змінюється в межах від 2 до 400 мм.

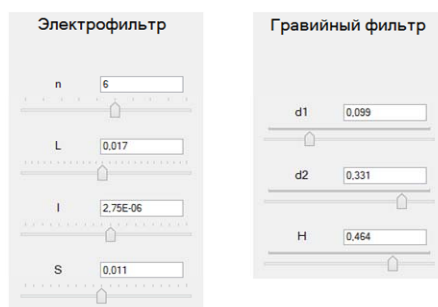


Рис. 1. Меню вводу значень з використанням повзунків, для визначення графіка залежності

Значення H це висота фільтруючого шару гравію змінюється в межах від 1 до 600 мм.

Було розроблено комп'ютерну програму з моделювання та порівняння пиловловлення в підземних умовах за допомогою електрофільтру та гравійного фільтру при зміні певних показників у фільтрах.

Суть цієї програми зводиться до формул (1-7), по яким обчислюється ефективність роботи електрофільтра та гравійного і розраховується як:

Експериментальні дані дозволили знайти залежність ефективності пиловловлювання від сили струму, відстані між кінцями голок і осаджувальними електродами, а також від швидкості руху повітря на вході у фільтр [5]

$$\eta = 1 - \exp\left(-kn/\sqrt{v}\right)\sqrt{Ih} \quad (1)$$

де $k = -1,17 \cdot 10^3 A^{1/2} c^{1/2}$ - постійний коефіцієнт, який знаходиться експериментально.

Проведені дослідження дозволили отримати формулу, зручну для розрахунку і ефективності пиловловлювання електрофільтрів

$$\eta = 1 - \exp\left(-k_1 \frac{n}{\sqrt{v}} \sqrt{\frac{Jh}{k_2}}\right) \quad (2)$$

$$J = I/S, \quad (3)$$

де S - рухливість іонів, які знаходяться експериментально; v - швидкість повітря на вході, м/с; n - число коронуючих електродів; J - щільність струму, А/м²; h - відстань від кінців коронуючих голок до осаджувальних пластин, м.

Залежність ефективності пиловловлювання з від числа коронуючих електродів, виражено формулою

$$\eta = 1 - e^{-k_2 n} \quad (4)$$

де $k_2 = 0,45$ - постійний коефіцієнт, який визначається експериментально.

Залежність ефективності пиловловлювання з від Ih (рис. 2) добре описується формулою

$$\eta = 1 - e^{-k_2 \sqrt{Ih}} \quad (5)$$

Ефективність уловлювання пилу в гравійних гідрофільтра обчислюється за формулою [3]

$$\eta = 1 - \left[\frac{d_{cp}}{a \times v + C \sqrt{H}} \right] \quad (6)$$

де d_{cp} - середньо геометричний розмір гравію

$$d_{cp} = \sqrt{d_1 \times d_2} \quad (7)$$

d_1 і d_2 - відповідно мінімальний і максимальний розмір фракції гравію, мм; H - висота фільтруючого шару гравію, мм

В програмі є параметри, які знаходяться експериментально і задані як константи: $a=1,4$; $C=2,08$ - емпіричні коефіцієнти.

Після введення всіх даних програма автоматично виводить графіки ефективності роботи фільтрів (рис. 2,3) за заданими параметрами.

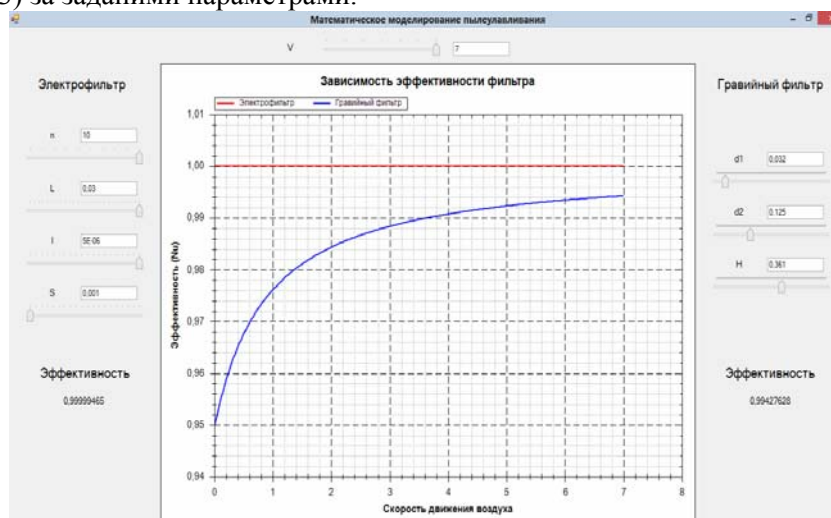


Рис. 2. Графік залежності ефективності фільтрів

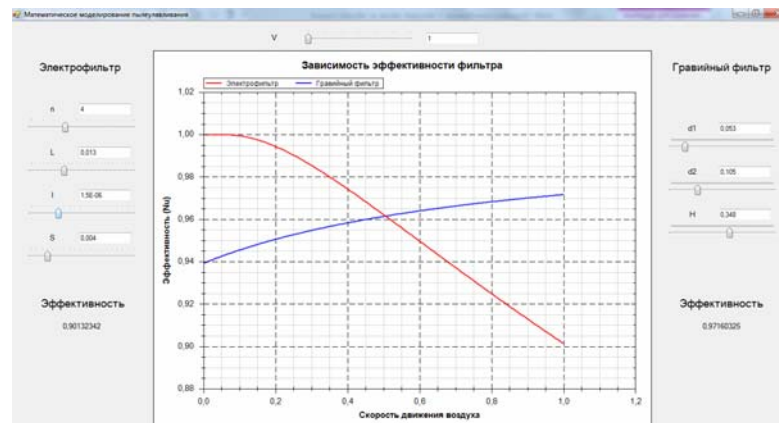


Рис. 3. Графік залежності ефективності фільтрів

При моделюванні за допомогою цієї програми було експериментально перевірено ефективність електрофільтра та гравійного фільтра.

Висновки і напрямки подальших досліджень. Під час роботи над графіками в програмі було встановлено, що ступінь очищення повітря за допомогою електрофільтра буде збільшуватись зі збільшенням швидкості осадження частинок пилу та довжини електрофільтра, але зменшується зі збільшенням міжелектронної відстані та швидкості забрудненого повітря. Відповідно з графіку гравійного фільтра видно що ефективність фільтрації буде тим краща чим менший діаметр гравію та більша товщина фільтруючого шару. У подальшому планується проведення науково – пошукових робіт, щодо удосконалення програмного забезпечення по визначенню пилоловлювання в пристовбурових виробках шахт, та розробити дослідний варіант фільтра для уловлювання дрібно дисперсного пилу в гірничих виробках залізородних шахтах.

Список літератури

Алиев Г. М. А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов / Г.М.А. Алиев // М.: Metallurgiya, 1986. – 544 с.

Бизов В. Ф., Лапшин О. Є. Охрана праці в гірництві / В.Ф. Бизов, О.Є. Лапшин //Т. VII. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком «Гірництво». – Кривий Ріг: Мінерал, 2001. – 251 с.

Справочник по борьбе с пылью в горнодобывающей промышленности. Под ред. А.С. Кузьмича. – М., Недра, 1982. – 240 с.

Очистка воздуха от пыли на горнорудных предприятиях. Г.А. Жовтуха, В.И. Стуканов, А.П. Янов, Н.М. Сердюк. К.: «Техніка», 1977. – 150 с.

Buccella C. Computation of VI Characteristics in Electrostatic Precipitators // Electrostatics. – 1996. – № 37:277. – P. 291.

Muhammad A. Modelling and simulation of an electrostatic precipitator. – Sweden: Science, 2011. – P. 47.

Lami E., Mattachini F., Turri R., Tromboni A. Numerical Procedure for Computing the Voltage Current Characteristics in Electrostatic Precipitator Configurations // Electrostatics. – 1995. – № 34:385. – P. 399.

Niloofer F. Three-dimensional modeling of electrostatic precipitator using hybrid finite element-flux corrected transport technique. – Canada: Ontario, 2011. – P. 54–55.

Рукопис подано до редакції 11.02.14

УДК 528: 622.1

О.Е. КУЛИКОВСКАЯ, д-р техн. наук, доц., Криворожский национальный университет

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА СМЕЩЕНИЕ РЕПЕРОВ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА

Выполнена сравнительная оценка влияния температуры и влажности окружающей среды на смещение реперов геодезического полигона. Для проведения многофакторного анализа влияния температуры и влажности окружающей среды выбраны результаты повторного высокоточного нивелирования на трех деформационных площадках геодезического полигона Криворожского горно-обогатительного комбината окисленных руд. На основе многофакторного анализа теоретически обосновано уравнение множественной регрессии с использованием метода наи-