

ВИПРОБУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ЗАВІС ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РУДНИКОВОГО ПОВІТРЯ ВІД ШКІДЛИВИХ ДОМІШОК В ПІДЗЕМНИХ ВИРОБКАХ ШАХТ

О. С. Лапшин, О. О. Лапшин, Д. О. Лапшина

Криворізький національний університет

вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна. E-mail: darlapshina91@gmail.com

На проммайданчиках шахт Кривбасу проведено випробування водо-повітряної установки гідравлічних завіс високого тиску, яку передбачається застосовувати для очищення рудникового повітря від шкідливих домішок. Установка містить гідравлічні завіси, постачання води до яких здійснюється від загальношахтної магістралі. Запропоновано використовувати дану установку для очищення повітря в гірничих виробках на глибоких горизонтах (1500 м), де статичний тиск сягає 1,5 МПа, що забезпечує ефективне функціонування гідравлічних завіс. Випробуваннями передбачалося встановити технічні параметри, серед яких: середній діаметр крапель води, довжина розповсюдження струменя, кількість повітря, що ежектується. Так, максимальна далекобійність водо-повітряного струменя завіси становить 30-35 м, середній діаметр крапель води 28-34 мкм. Результати отримані при значеннях тиску в магістралі 1,0-1,5 МПа і ширини кільцевого отвору для випуску водо-повітряної суміші 1-2 мм.

Ключові слова: шахта, забруднення, очищення, завіса, струмінь, тиск, дисперсність, крапля.

ИСПЫТАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЗАВЕС ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА ОТ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ ШАХТ

А. Е. Лапшин, А. А. Лапшин, Д. А. Лапшина

Криворожский национальный университет

ул. Виталия Матусевича, 11, г. Кривой Рог, 50027, Украина. E-mail: darlapshina91@gmail.com

На промплощадках шахт Кривбасса проведены испытания водо-воздушной установки гидравлических завес высокого давления, которую предполагается применять для очистки рудничного воздуха от вредных примесей. Установка содержит гидравлические завесы, подведение воды к которым осуществляется от общешахтной магистрали. Предложено использовать данную установку для очистки воздуха в горных выработках на глубоких горизонтах (1500 м), где статическое давление составляет 1,5 МПа, что обеспечивает эффективное функционирование гидравлических завес. Испытаниями предусматривалось установить технические параметры, среди которых: средний диаметр капель воды, длина распространения струи, количество эжектируемого воздуха. Так, было установлено, что максимальная дальность водо-воздушной струи завесы составляет 30-35 м, средний диаметр капель воды 28-34 мкм. Результаты получены при значениях давления в магистрали 1,0-1,5 МПа и ширины кольцевого отверстия для выпуска водо-воздушной смеси 1-2 мм.

Ключові слова: шахта, загрязнение, очистка, завеса, струя, давление, дисперсность, капля.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Видобування залізних руд підземним способом супроводжується надходженням в рудникову атмосферу шкідливого пилу і отруйних газів, які крім безпосередньої токсичної дії підвищують розвиток силікозу. Покращення умов праці в шахтах дозволить зменшити кількість професійних захворювань працюючих, підвищити культуру виробництва і збільшити продуктивність праці [1, 2]. У зв'язку із цим очищення рудникового повітря від шкідливих домішок, якими є пил і отруйні гази, має велике соціальне і економічне значення. Для очищення повітря в гірничих виробках необхідно впроваджувати відомі і розробляти нові засоби, які дозволять підвищити ефективність боротьби зі шкідливими виділеннями в атмосферу при веденні технологічних процесів з видобутку мінеральної сировини. Більшість існуючих засобів пилогазоподавлення заснованих на взаємодії продуктів вибуху з дисперговою водою, не забезпечують уловлювання найбільш небезпечних дрібнодисперсних частинок (< 10 мкм), а зниження концентрації шкідливих газів, наприклад, оксиду вуглецю при цьому практично не відбувається.

Таким чином, виникає потреба у виникла необхідність у вирішенні науково-технічної задачі, яка полягає у підвищенні ефективності очищення рудникового пилу в гірничих виробках під час здійс-

нення вибухових робіт, що забезпечить зниження концентрацій шкідливих газів і пилу відповідно до вимог санітарних норм. Розв'язанню цього актуального питання присвячені роботи багатьох наукових установ серед яких ННДІБПГ, МАКНДІ, Інститут фізико-органічної хімії і вуглекімії АН України, Національний гірничий університет, Криворізький національний університет та інші [3, 4]. Вагомим внеском у вирішення цієї задачі роботи відомих учених В.П. Журавльова, Б.Ф. Кіріна, В.В. Кудряшова, М.А. Фролова, І.Ф. Ярембаша, Ф.Г. Гагауза, В.Б. Гого та ін.

Метою дослідження є встановлення технічних параметрів водо-повітряної установки для утворення гідравлічних завіс високого тиску, що дозволяє здійснювати ефективне очищення рудникового повітря від шкідливих домішок.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Широке коло питань стосовно заходів боротьби із рудниковим пилом і шкідливими газами, що виділяються при веденні технологічних процесів у залізрудних шахтах, охоплюють дослідження О.П. Янова і В.С. Ващенко. Автори у своїй роботі навели способи і засоби боротьби з пилом і шкідливими газами при розкритті, підготовці і розробці залізрудних родовищ актуальні у період 1970-1980 рр. За рахунок впровадження наданих рекоме-

ндації запиленість рудникового повітря знизилася до рівня близького до гранично-допустимого (ГДК). Однак, у зв'язку зі збільшенням глибини ведення гірничих робіт, погіршилися умови провітрювання гірничих виробок і нині рекомендовані засоби не забезпечують ефективного подавлення пилу і шкідливих газів при виконанні майже усіх технологічних процесів пов'язаних з видобутком руди. Особливо це стосується процесів підричних робіт під час проведення гірничих виробок, коли шкідливі продукти вибуху в сотні разів перевищують ГДК.

В роботі І.Ф. Ярембаша, присвяченій очищенню рудникового повітря після вибухових робіт, наведені практичні вказівки щодо прогнозування стану рудникової атмосфери при руйнуванні гірських порід вибухом, описані методи очищення шахтної атмосфери від продуктів вибуху і надані практичні рекомендації щодо впровадження їх у виробництво. У якості основного засобу боротьби із пилом і отруйними газами у вугільних шахтах автор рекомендував застосування зрошення пило-газової хмари за допомогою типових форсунок. Ця рекомендація не знайшла широкого застосування у зв'язку із тим, що нейтралізація шкідливих газів і пилу шляхом зрошення їх типовими форсунками, не дає бажаних результатів, а ефективність при цьому не перевищує 50-70 %.

Монографія В.П. Журавльова, В.І. Саранчука, Н.А. Страхова та ін. [10] містить узагальнене тлумачення системи зрошення пилової хмари, результати випробувань нових засобів уловлення пилу в лабораторних і промислових умовах. Автори рекомендують для підвищення ефективності гідрознепилення застосовувати добавки хімічних речовин. Використання цих добавок потребує ускладнення конструкції зрошувального обладнання, що не сприймається гірничою промисловістю. Отже, незважаючи на значний прогрес існуючі системи гідрознепилення не забезпечують зниження концентрацій пилу і шкідливих газів у рудниковому повітрі до гранично допустимих концентрацій [5–9]. Тому задача підвищення ефективності знепилення повітря і нейтралізації шкідливих газів у гірничих виробках залишається актуальною.

Підвищення ефективності очищення рудникового повітря шляхом зрошення його дисперговою водою пропонується здійснювати за допомогою гідравлічних завіс з використанням високого гідростатичного тиску води. Гідравлічні завіси в гірничих виробках мають подвійну дію: по-перше ежекції у свій дощовий факел оточуючого забрудненого повітря і по-друге зрошення його дисперговою водою під високим гідростатичним тиском.

Основними параметрами цього способу гідрознепилення є дисперсність крапель та пилу, щільність аерозолів води і пилу, відносна швидкість польоту пилу і крапель, розміри зони зрошення, ступінь турбулізації забрудненого потоку, напрямок руху пилового аерозолу відносно до водяного. Величини оптимальних параметрів зрошення коливаються у широких межах і залежать від механізму уловлювання пилу. Ефективність зрошення при дотриманні оптимальних параметрів процесу може становити 90-99 % [11, 12, 13].

На рис. 1 наведено схему водоповітряного пристрою, який утворює гідравлічну завісу під час очищення забрудненого повітря в гірничих виробках.

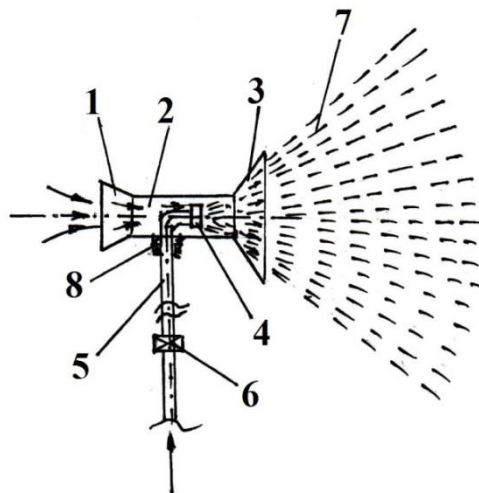


Рисунок 1 – Схема водоповітряної установки для очищення рудникового повітря

Пристрій містить корпус, який складається з конфузору 1, змішувальної камери 2 і дифузору 3. В змішувальній камері 2 закріплено форсунку 4, яка з'єднана з водопроводом 5, що має електричний клапан 6.

Водоповітряний пристрій діє наступним чином. Вода під високим тиском (1,0-1,5 МПа) подається до форсунки 4 з водопроводу 5, який обладнано електричним клапаном 6. Форсунка 4 розташована у ка-

мері змішування 2. За допомогою форсунки 4 вода диспергується і змішується з повітрям в камері 2 з утворенням струменя водоповітряної суміші 7. Струмień розширюється в дифузорі 3 і засмоктує в свій об'єм забруднене повітря. Очищення повітря відбувається в дифузорі 3 і триває у водоповітряному струмені 7 на протязі всього часу його руху в просторі гірничої виробки. Корпус пристрою закріплений на водопроводі 5 за допомогою муфти 8 з

можливістю повороту його і спрямування струменю водоповітряної суміші попутно, назустріч або під кутом до забрудненого повітря, утворюючи при цьому гідравлічну завісу.

Випробування гідравлічних завіс здійснювалися на промисловому майданчику шахти «Ювілейна» ПАТ «Суша Балка» (рис. 2). За результатами випробувань отримані наступні параметри: діаметр крапель води від 1 мкм до 100 мкм, далькобійність понад 30 м [14].

На підставі проведених випробувань гідравлічних завіс високого тиску розроблено ряд рекомендацій із вибору і застосування даного обладнання. Необхідно відзначити, що в основі зниження забруднення рудникового повітря в гірничих виробках за допомогою дрібнодисперсного розпилення водяного аерозолу лежить кілька значущих процесів.

Відбувається змочування частинок пилу, їх подальша коагуляція (злипання) у великі фракції і осідання з потоку повітря. Швидкість осадження

дрібною пилу підпорядковується закону Стокса і пропорційна квадрату діаметра частинок пилу. Тому найдрібніший пил без впливу зрощення практично не осідає. З'єднання водяних крапель із завислими частинками пилу підпорядковується закономірності порівняння діаметрів частинок. Якщо краплі води за розміром порівнянні з частинками пилу, то відбувається ефективно їх захоплення і коагуляція. Така схема дії завіси забезпечує очищення повітря від пилу.

Процес пилоутворення є наслідком механічних процесів подрібнення, тертя, перемішування, при цьому в утвореному двофазному середовищі (повітря-пил) присутня об'ємна статична електрика (трібоелектричний ефект - утворення заряду при терті різних матеріалів), що призводить до електророзпо-ру (відштовхування однойменних зарядів) частинок і збільшення тривалості їх перебування у зваженому стані. Величина об'ємного заряду визначається відносною вологістю повітря.



Рисунок 2 – Випробування установки на промайданчику шахти «Ювілейна»

При підвищеній вологості знижується об'ємна статична електрика повітря, тобто відбувається стікання заряду на землю [15].

Диспергування води в гідравлічних завісах утворює водний аерозоль, який формує електростатичне поле негативної полярності. У межах гідравлічної завіси утворюється «загороджувальна стінка» забрудненому повітрю, що дозволяє здійснити його зрощення і знизити вміст шкідливих домішок у ньому.

Системи гідравлічних завіс, отриманих за допомогою розпилювальних пристроїв під високим тиском води (1,0-1,5 МПа), утворюють водоповітряний струмінь з дисперсністю водяних крапель від 1 мкм до 100 мкм, що дозволяє видаляти пил різного фракційного складу з повітря у підземних виробках.

Основними технічними параметрами установки, від яких залежить ефективність очищення повітря є: кількість ежектованого повітря у зрошувальний

струмінь, Q_c , м³/с; коефіцієнт ежекції U ; щільність зрощення, q , г/м³; середній діаметр крапель води у струмені d_c , мкм; далькобійність водоповітряного струменя L_y , м; напруженість електричного поля E_n , В/м; загальна електророзарядженість аерозолу Q_e , нКл/кг.

Методикою випробувань установки передбачалося установити залежності цих технічних параметрів від тиску води у трубопроводі P_p , а також від її геометричних характеристик, таких як діаметр змішувальної камери d_k і діаметр сопла для випуску води d_c .

Кількість ежектованого повітря Q_c визначалася шляхом вимірювання його швидкості у конфузори установки за допомогою анемометра, при цьому змінювали тиск води P_p у трубопроводі, за допомогою електричного клапану та реєстрували його манометром. Далькобійність струменя L_y , визначалася шляхом вимірювання рулеткою довжини між дифу-

зором пристрою і останньою межею вологого асфальту на полігоні.

Усього було випробувано п'ять типорозмірів водоповітряних установок, які відрізнялися довжинами і діаметрами змішувальних камер, а також діаметром сопла для випуску води з форсунок. Діаметр випускного сопла d_c змінювався від 2 до 4 мм, а діаметр змішувальної камери змінювався в межах 50...200 мм.

Збільшення або зменшення діаметра горловини призводило до зменшення далькочійності установки. Це можна пояснити тим, що при збільшенні діаметра горловини різко зростає кількість повітря, яке потрапляє у струмінь і на його транспортування витрачається більше кінетичної енергії струменя диспергованої води. При зменшенні діаметра горловини зростає опір на виході за рахунок збільшення лобового опору вихідного отвору, що призводить до падіння початкової швидкості і далькочійності установки.

Використання методів математичної обробки отриманих результатів дозволило встановити емпі-

ричну залежність між параметрами установки. Так, залежність далькочійності струменя L_y від тиску води у магістралі P_p і діаметра змішувальної камери має вигляд

$$L_y = 10 \sqrt{\frac{P_p b_0}{b_0 + 4,5}}, \quad (1)$$

де P_p – величина тиску води на вході в установку, МПа; b_0 – діаметр змішувальної камери установки, мм.

На рис. 3 наведено графіки залежності далькочійності установки від діаметра змішувальної камери. Аналіз результатів випробувань показав, що найбільшу далькочійність забезпечують установки з форсункою, діаметр випускного отвору сопла якої становить 1 мм.

На рис. 4 наведено графіки залежності далькочійності установки від ширини кільцевого отвору, який утворюється між форсункою і змішувальною камерою.

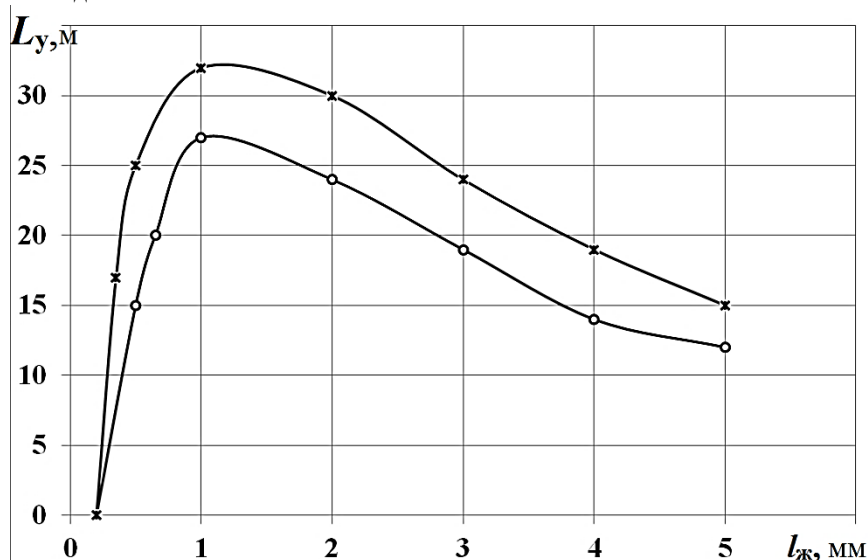


Рисунок 3 – Графіки залежності далькочійності установки від діаметра отвору сопла для випуску води: 1 - $P_p = 1,0$ МПа; 2 - $P_p = 1,5$ МПа

Так, при тиску води в магістралі $P_p = 1,0$ МПа далькочійність становить $L_y = 28-30$ м, а при тиску $P_p = 1,5$ МПа далькочійність становить $L_y = 35-38$ м.

Таким чином, установка, обладнана форсункою ПГФ-1, створює струмінь водоповітряної суміші з найбільшою далькочійністю (> 35 м).

Ефективність уловлення пилу залежить від діаметра крапель води у струмені водоповітряної суміші: по-перше, із зменшенням діаметра крапель збільшується ймовірність їх коагуляції з пилом; по-друге, зменшення діаметра крапель призводить до насичення і перенасичення струменя водою, що зумовлює підвищення коагуляції пилу.

Середній діаметр крапель визначали методом відбору проб на скло, намащеного тонким шаром вазеліну, потім виконували аналіз під мікроскопом. Проби крапель на скло брали наступним чином. Підготовлене скло встановлювали спеціальній камері, кришка якої виконувала роль затвора. Затвор

відкривали після того, як камеру розміщували у необхідному місці для відбору проб. У відкритому положенні затвор перебував до тих пір, поки на склі осаджувалася необхідна кількість крапель, щоб можна було здійснити кількісний і якісний аналіз під мікроскопом. Досліди проводилися при різній ширині кільцевого отвору, а також при різному тиску води, що подається на форсунку. Аналіз цих результатів випробувань свідчить про те, що середній діаметр крапель залежить від тиску води у магістралі і від діаметра випускного отвору форсунки ПГФ-1. Збільшення тиску води приводить до зменшення середнього діаметра крапель незалежно від конструктивних параметрів форсунки. Це свідчить про те, що збільшення тиску в робочому соплі форсунки сприяє більш дрібному диспергуванню води і створення більш насиченої водоповітряної суміші. У проведених експериментах середній діаметр крапель змінювався від 1 до 100 мкм. Такі діаметри сприя-

ють ефективному вловлюванню дрібнодисперсного пилу (< 10 мкм), яка присутня у повітрі виробки.

Математична обробка даних, отриманих у результаті експериментів, дозволила встановити емпіричну залежність між конструктивними параметрами установки, тиском води у трубопроводі P_p і середнім діаметром крапель. Ця залежність описується формулою

$$d_{ck} = 100 \sqrt{\frac{1}{P_p} \sqrt{270 \ln d_c + 310/b_0 - 294}} \quad (2)$$

де d_{ck} – середній діаметр крапель води, мкм; d_c – діаметр випускного сопла, мм; b_0 – ширина кільцевого отвору для випуску суміші, мм.

Залежність середнього діаметру крапель від параметрів форсунки наведена на рис. 5, 4, з якого випливає, що при діаметрі сопла $d_c = 1-2$ мм утворюються краплі розміром $d_{ck} = 28-34$ мкм і їх кількість буде максимальною, тобто забезпечуються умови для ефективної коагуляції пилу. Таким чином, з точки зору далекобійності та ефективної коагуляції пилу доцільним є використання форсунок ПГФ з діаметром сопла $d_c = 1-2$ мм.

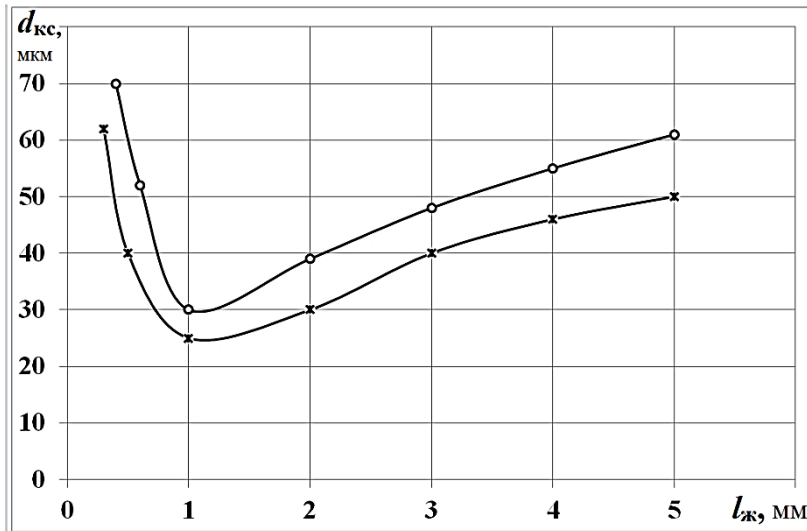


Рисунок 4 – Графіки залежності середнього діаметра крапель від ширини кільцевого отвору для випуску води: 1 – $P_p = 1,0$ МПа; 2 – $P_p = 1,5$ МПа

Крім визначення дисперсності крапель (d_{ck}) води визначали також розподіл її по довжині струменя. Для цього за довжиною струменя розміщували скляні ємності, в які збиралася вода, за певний проміжок часу роботи установки. Потім вимірювали об'єм води в ємностях і перераховували у відсотках від загального обсягу води у всіх ємностях за довжиною струменя. Результати випробувань установки, обладнаної форсункою ПГФ-1, представлені на рис. 5.

Розподіл води за довжиною струменя визначалося при тиску води в магістралі від 1,0 до 1,5 МПа. Результати вимірювання показують, що основна частина води в струмені припадає на проміжок від 6 до 16 м. В цьому інтервалі випадає 70-80% всієї води, яка переноситься водовітряним факелом (рис. 5). Цей інтервал є найбільш водовитратним в процесі пилוגазоподавлення, так як відкидання речовин вибуху у виробці поширюється до 18-20 м.

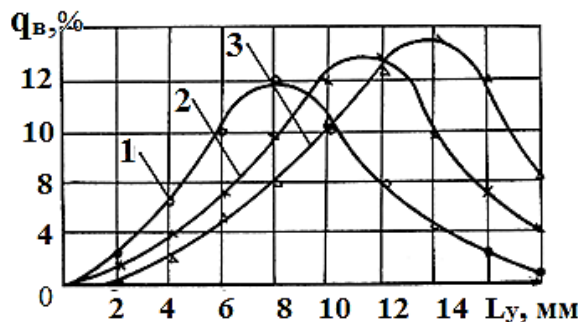


Рисунок 5 – Розподіл води за довжиною струменя водовітряної установки при різних тисках в магістралі: 1 - $P_p = 1,0$ МПа; 2 - $P_p = 1,3$ МПа; 3 - $P_p = 1,5$ МПа

Визначення аеродинамічних параметрів, що розвиваються установками, здійснювали шляхом виміру ежектуючого повітря в конфузори, а потім обчислювали коефіцієнт ежекції, де Q_n і Q_p – величини ежектуючого і що виходить з сопла повітря відпові-

дно. При випробуваннях діаметри змішувальних камер d_c змінювали в межах $d_c = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ м, а їх довжини $l_k = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ м. Тиск стисненого повітря змінювали в межах $P = 1,0...1,5$ МПа, а витрати води, що подається в уста-

новку залишалися у межах $q_{\text{вп}} = 30-50 \text{ г/м}^3$. Найбільша кількість повітря, що ежектуються спостерігається при діаметрі камери змішування рівному $d_c = 0,2-0,3 \text{ м}$. На рис. 6 представлені графіки залежності кількості ежектуючого повітря в приймальну камеру

установки від діаметра камери змішування. Як видно, діаметр камери змішування в межах $d_c = 0,2-0,25 \text{ м}$ дозволяє ежектувати максимальну кількість повітря, $Q_{\text{н}}$, $\text{м}^3/\text{с}$.

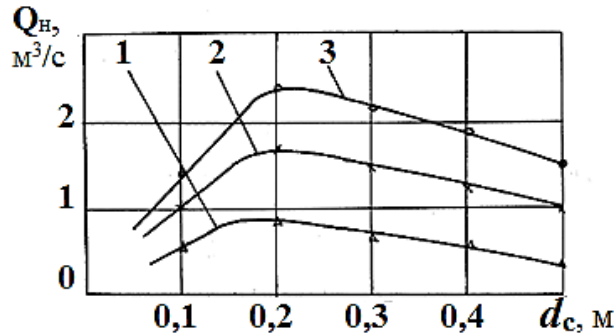


Рисунок 6 – Залежність продуктивності установки від величин діаметра камери змішування:
1 - $P_p = 1,0 \text{ МПа}$; 2 - $P_p = 1,3 \text{ МПа}$; 3 - $P_p = 1,5 \text{ МПа}$

Очевидно, для промислових умов доцільно приймати діаметри камери змішування $d_c = 0,2 \text{ м}$ або $d_c = 0,3 \text{ м}$, що виготовляються із стандартних металевих вентиляційних труб. Результати випробувань з діаметрами камери змішування $d_c = 0,2 \text{ м}$, але з різними її довжинами від $l_k = 0,2$ до $l_k = 2 \text{ м}$.

Як показують дані випробувань коефіцієнт ежекції зростає із збільшенням тиску в магістралі при

всіх розмірах довжини камери змішування. Разом з цим найбільший коефіцієнт ежекції відповідає довжині камери змішування $l_k = 1,2 \text{ м}$, тобто $l_k = 6d_c$, що узгоджується з розрахунковими значеннями.

На рис. 7 наведено графіки залежності коефіцієнта ежекції U від довжини камери змішування l_k .

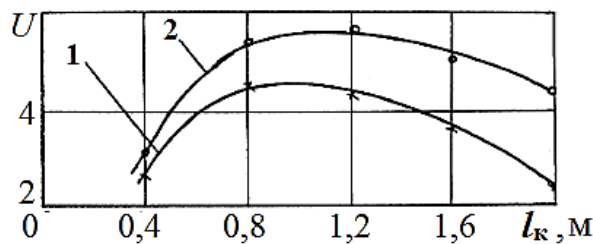


Рисунок 7 – Залежність величини коефіцієнта ежекції від довжини камери змішування:
1 - $P_p = 1,0 \text{ МПа}$; 2 - $P_p = 1,5 \text{ МПа}$

Як видно, зі збільшенням довжини камери змішування до $l_k = 0,8 \text{ м}$ спостерігається різке збільшення коефіцієнта ежекції, потім відбувається його незначне зростання до довжини $l_k = 1,2 \text{ м}$, і нарешті, коефіцієнт U знижується починаючи з довжини $l_k = 1,6 \text{ м}$. Помітно, що починаючи із довжини камери змішування $l_k = 1,2 \text{ м}$ спостерігається зменшення далекобійності струменя установки. Виходячи з цього, ефективною довжиною камери змішування є $l_k = 0,8-1,2 \text{ м}$, що цілком задовольняє гірничотехнічним умовам.

ВИСНОВКИ. Далекобійність водоповітряної установки і середній діаметр крапель води визначаються величиною робочого тиску води, що надходить у форсунку і шириною кільцевого отвору для випуску води. Так, максимальна далекобійність 30-35 м і середній діаметр крапель 28-34 мкм досягаються при тиску в магістралі 1,0-1,5 МПа і ширині кільцевого отвору 1-2 мм.

Максимальна продуктивність ($Q = 2,0-2,5 \text{ м}^3/\text{с}$) та коефіцієнт ежекції ($U = 5,5-6,0$) досягаються при діаметрі камери змішування $d_c = 0,2-0,3 \text{ м}$ і її довжини $l_k = 0,8-1,2 \text{ м}$.

Водоповітряна установка створює електроактивований струмінь водоповітряної суміші негативної полярності. Електроактивація водяного аерозолу посилюється за рахунок високого тиску води, яка надходить до змішувальної камери установки, сприятиме підвищенню коагуляції пилу та нейтралізації шкідливих газів.

Порівняльна оцінка сил електричного та гравітаційного тяжіння для умов пилогазоподавлення показала, що електричні сили перевищують гравітаційні в десятки тисяч разів. У цьому випадку, як показали випробування, інтенсивність коагуляції різко підвищується.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zegong L., Kicki J., Xinzhu H., Shujie Y. (2010) «Mine Safety and Efficient Exploitation Facing Challenges of the 21st Century», *International Mining Forum*, 300 p.
2. Howard L., Hartman J.M., Mutmansky R.V. (2012) «Mine Ventilation and Air Conditioning», 752 p.
3. Бересневич П.В. Нормализация состава атмосферы современных железорудных карьеров Кривбасса. // В сб. разработка рудных месторождений. -Вып. 8, 2002. – С. 16–17.

4. Куроченко В.М., Торяник В.В. и др. Способ определения оптимальных расходов взрывчатых веществ при проведении горных выработок // В сб. Охрана труда и окружающей среды на предприятиях горно-металлургического комплекса, 1999. - С. 31–55.

5. Jundika C., Agus P., Arun S. (2015) «Introduction and evaluation of a novel hybrid brattice for improved dust control in underground mining faces: a computational study», *International Journal of Mining Science and Technology*. – V. 25, Issue 4, pp. 537–543.

6. Кокорин О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2003. – 272 с.

7. Volkwein J.C., Vinson R.P., Page S.J., McWilliams L.J., Joy G.J., Mischler S.E., Tuchman D.P. (2006) «Laboratory and field performance of a continuously measuring personal respirable dust monitor» *Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH)*. - № 2006–145, RI 9669.

8. Chekan G.J., Listak J.M., Colinet J.F. (2001). «Laboratory testing to quantify dust entrainment during shield advance». *Proceedings of the Seventh International Mine Ventilation Congress (Krakow, Poland, June 17–22, 2001)*, pp. 291–298.

9. Goodman G.V.R., Pollock D.E., Beck T.W. (2004). A comparison of a directional spray system and a flooded-bed scrubber for controlling respirable dust exposures and face gas concentrations. *Proceedings of the 10th U.S. / North American Mine Ventilation*

Symposium (Anchorage, AK, May 16–19, 2004), pp. 241–248.

10. Журавлев В.П., Саранчук В.И., Страхова Н.А. и др. Моделирование и проектирование систем гидрообеспыливания. – К.: Наукова думка, 1990. – С. 40–82.

11. Фролов А.В., Телегин В.А., Сечкарев Ю.А. Основы гидрообеспыливания // Безопасность жизнедеятельности. - № 10, 2007.-С. 95–100.

12. Фролов А.В., Телегин В.А. Исследование высоконапорного гидрообеспыливания пылеулавливающими водовоздушными эжекторами с плоскоструйными форсунками // Горный информационно-аналитический бюллетень. Аэрология. – Вып. 5, 2008. – С. 164–168.

13. Гого В. Б. Обоснование параметров диффузороконфузорных элементов гидродинамической установки пылеулавливания / В. Б. Гого, В. Б. Малеев, А. С. Булыч // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – 2007. – № 13 (123). – С. 40–44.

14. Бересневич П.В., Лапшин А.А. Обоснование параметров и технологических схем использования эжекторной установки в процессе пылегазоподавления и проветривания выработок // Разработка рудных месторождений – Вып. 89, 2005. – С. 199–203.

15. Корж В.А., Лапшин О.О. Влияние электроактивации аэрозолю на интенсивность пылегазоподавления при проветривании // Проблемы охраны праці в Україні. – Вып. 8, 2004 – С. 32–39.

HYDRAULIC CURTAINS TESTING FOR AIR PURIFICATION FROM HARMFUL CONTAMINANTS IN THE UNDERGROUND MINE OPENINGS

O. Lapshyn, O. Lapshyn, D. Lapshyna
“Kryvyi Rih National University”

vul. Vitalya Matusevicha, 11, Kryvyi Rih, 50027, Ukraine. E-mail: darlapshina91@gmail.com

Purpose. To determine the technical parameters of water-air installation for formation of high pressure hydraulic curtains. Usage of this installation allows to realize an effective purification from harmful air contaminants. **Methodology.** The authors have carried out experiments of water-air installation with a view to determine its technical parameters such as: average diameter of the water droplets; expansion length of the jet; induced air quantity. **Results.** The experiments of water-air installation which is proposed to be used for air purification from harmful contaminants have been carried out at an industrial site of the mines in Kryvbas. This installation consists of hydraulic curtains. The water supply is carried out from general mine pipeline. It has been proposed to use this water-air installation for air purification from harmful contaminants in the underground mine openings on deep horizons (1500 m), where the static pressure reaches 1,5 MPa, which ensures the effective functioning of hydraulic curtains. **Originality.** It has been developed the water-air installation for formation of hydraulic curtains of a high pressure. This hydraulic curtain has an electric field with negative polarity which conduces to effective coagulation of dust, its settlement and neutralization of harmful gas. **Practical value.** The maximum range of water-air jet is 30-35 m, average diameter of the water droplets are 28-34 μm. The results have been obtained when the values of pressure in general minepipeline were equal to 1,0-1,5MPa and the width of an annular outlet of air-water mixture was 1-2 mm.

Key words: mine, contaminants, purification, curtain, jet, pressure, dispersion, droplet.

REFERENCES

1. Zegong, L., Kicki, J., Xinzhu, H., Shujie, Y. (2010) «Mine Safety and Efficient Exploitation Facing Challenges of the 21st Century», *International Mining Forum*, 300 p.

2. Howard, L., Hartman, J.M., Mutmansky, R.V. (2012) «Mine Ventilation and Air Conditioning», 752p.

3. Beresnevitch, P.V. (2002) «Normalization of atmosphere composition at the modern open-pit mines of

iron ore of Krivbas», *Collection of scientific papers: Exploitation of ore deposits*, pp. 16-17.

4. Kurotchenko, V.M., Torjanik, V.V. (1999) «The method for determining the optimal expenditure of explosives at carrying out of mining » *Labor Safety and the environment protection at the enterprises of mining-metallurgical complex*. – pp. 31-55.

5. Jundika, C., Agus, P., Arun, S. (2015) «Introduction and evaluation of a novel hybrid brattice

for improved dust control in underground mining faces: a computational study», *International Journal of Mining Science and Technology*, V. 25, Issue 4, pp. 537–543.

6. Kokoryn, O.Ya. (2003) «Modern air-conditioning systems», *Publishing house of physico-mathematical literature*, 272 p.

7. Volkwein, J.C., Vinson, R.P., Page, S.J., McWilliams, L.J, Joy, G.J., Mischler, S.E., Tuchman, D.P. (2006) «Laboratory and field performance of a continuously measuring personal respirable dust monitor» *Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH)*. - № 2006–145, RI 9669.

8. Chekan, G.J., Listak, J.M., Colinet, J.F. (2001). «Laboratory testing to quantify dust entrainment during shield advance». *Proceedings of the Seventh International Mine Ventilation Congress (Krakow, Poland, June 17–22, 2001)*, pp. 291–298.

9. Goodman, Gv.R., Pollock, D.E., Beck, T.W. (2004) A comparison of a directional spray system and a flooded-bed scrubber for controlling respirable dust exposures and face gas concentrations. *Proceedings of the 10th U.S. / North American Mine Ventilation Symposium (Anchorage, AK, May 16–19, 2004)*, pp. 241–248.

10. Zhuravlev, V.P., Saranchuk, V.I., Strakhova, N.A. (1990) «Modelling and designing systems of hydro-elimination of dust», pp. 40-82.

11. Telegin, V.A., Frolov, A.V. (2007) «Basic concepts of dust hydro-purging» *Health and safety*.- № 10, pp. 95-100.

12. Frolov, A.V., Telegin, V.A. (2008) «Study of high-pressure dust hydro-purging with using of water-air ejectors flat-jet nozzles», *Mining information-analytical Bulletin. Aerology*.- № 5, pp. 164-168.

13. Gogo, V.B., Maleev, V.B., Bulytch, A.S. (2007) «Parameters justification of confuser-diffuser elements of dust exclusion hydrodynamic installation» *Research papers of Donetsk national technical University*. – № 13 (123), pp. 40–44.

14. Beresnevitch, P.V., Lapshyn, A.A (2005) «Justification of parameters and technological schemes of ejector installation applying in dust and gas suppression process and ventilation of mine workings», *Ore mining*.- № 89, pp.199-203.

15. Korg, V.A., Lapshyn, O.O. (2004) «Influence of aerosol electro activation on intensity of dust and gas suppression», *Problems of labor protection in Ukraine*. – № 8, pp. 32-39.

Стаття надійшла 31.03.2017.