

7. Тиханський М.П., Єфіменко Л.І. Методи й системи діагностики та прогнозування технічного стану стрічкових конвеєрів / Вісник КТУ. Збірник наукових праць. Вип.21.- Кривий Ріг-2008.- С.163-167
8. Савицький О.І., Єфіменко Л.І. Вплив вибору конструктивних параметрів конвеєра на його експлуатаційні характеристики / Механобрчермет «Енергосбереження в технології, техніке при переробці мінерального сировини» Сб. научних трудов ОАО НИПИ - Кривий Ріг: Изд-во Механобрчермет.-2010.-Вип.46.- С.59-68.
9. Тиханський М.П., Єфіменко Л.І. Принципи побудови автоматизованої системи діагностики технічного стану конвеєра / Вісник КТУ. Збірник наукових праць. Вип.25.- Кривий Ріг-2010.- С.250-254
10. Єфіменко Л.І., Тиханський М.П. Діагностическіє признакі і моделі технічєского состоєння привоного двигатєля / Вісник КТУ. Збірник наукових праць. Вип.28.- Кривий Ріг-2011.- С.213-218
11. Савицький А.І., Єфіменко Л.І. Діагностика електродвигатєлєй і параметров конвеєрє по сигналу мощності (тока) / Новое в технології і технікє перєработкі мінерального сировини» Сб. научних трудов ПАО НИПИ «Механобрчермет» - Кривий Ріг: Изд-во Механобрчермет.-2011.- С.208-215
12. Назарєнко В.М., Тиханський М.П., Єфіменко Л.І. Методы вибродіагностики механізмєв лєн точного конвеєрє. Вибрация и вибродіагностика. Проблемы стандартизации. Тєз. докл. 3 Всєсоюзн. конф.-Нижний Новгород 1991.с. 78-79.

Рукопис подано до редакції 12.04.2018

УДК 622. 807

О. Є. ЛАПШИН, д-р техн. наук, проф., О. О. ЛАПШИН, д-р техн. наук, доц.,  
Д. О. ЛАПШИНА, канд. техн. наук, ст. викладач, Криворізький національний університет

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ РУДНИКОВОГО ПОВІТРЯ В ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ ШАХТ

**Метою цього дослідження** є підвищення ефективності очищення рудникового повітря, яке здійснюється за допомогою гідравлічної завіси високого гідростатичного тиску.

**Метод дослідження.** Застосовувався комплексний метод дослідження основних параметрів цього способу якими є: дисперсність крапель і відносна швидкість їх польоту, щільність водного аерозолу, розміри зони зрошення, ступінь турбулізації забрудненого потоку, напрямок руху забрудненого повітря і струменя гідравлічної завіси. Величини отриманих параметрів зрошення залежать від механізму уловлення шкідливих домішок і коливаються у широких межах.

**Новизна отриманих результатів** полягає у тому, що при диспергуванні води за допомогою завіси високого тиску водний аерозоль утворює електростатичне поле негативної полярності, а ступінь електрзарядженості факелу залежить від тиску води в трубопроводі.

**Практична цінність** запропонованого способу очищення рудникового повітря визначається тим, що його використання в умовах гірничих виробок дає можливість знизити концентрації пилу і шкідливих газів у повітрі до санітарних норм. Гідравлічна завіса спрямовується на забруднене повітря, її факел розширюється під кутом  $12^{\circ} 25'$  і розповсюджується у виробці, утворюючи при цьому зрошувальний простір, в якому відбуваються процеси конденсації вологи на поверхні пилу і адсорбції газів на краплях води. Наявність електростатичного поля негативної напруженості в межах 500-600 В/м підсилює коагуляцію змоченого пилу і адсорбцію газів в зрошувальному просторі. Гідравлічні завіси діють в автоматичному режимі і регулюються в залежності від ступеня забруднення повітря шляхом змінення тиску води що надходить в завісу.

**Результати випробувань** завіси засвідчили, що ефективність очищення повітря залежить від наступних параметрів: вмісту вологи у потоці водоповітряної суміші – щільності зрошення  $q$ , г/м<sup>3</sup>; середнього діаметру крапель води у струмені  $d_c$ , мкм; напруженості електростатичного поля  $E$ , В/м; загальної електричної зарядженості аерозолу  $Q_z$ , нКл/кг. Випробування гідравлічної завіси здійснювалося в умовах промислових майданчиків і в гірничих виробках шахт Кривбасу. Завіса діє в автоматичному режимі і регулюється в залежності від ступеня забруднення рудникового повітря шляхом змінення тиску води у підвідному трубопроводі.

**Ключові слова:** повітря, шахта, вода, завіса, коагуляція пилу, адсорбція газів.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-46-141-147

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами.** Актуальність досліджуваної проблеми пролягає у тому, що видобування залізних руд супроводжується надходженням в рудникову атмосферу шкідливого пилу і отруйних газів. Розробці заходів захисту рудникової атмосфери від забруднення присвячені роботи ведучих наукових установ України та зарубіжних організацій. Незважаючи на значні досягнення у цьому напрямку рівень забруднення повітря в гірничих виробках залишається високим.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Вагомий внесок у вирішенні цієї задачі внесли відомі учені, серед яких роботи В. П. Журавльова, Ф. Г. Гагауза, В. Б. Гого, В. В. Кудряшова,

© Лапшин О. Є., Лапшин О. О., Лапшина Д. О., 2018

О. О. Лапшина, М. А. Фролова, І. Ф. Ярембаша та ін.

Захисту рудникової атмосфери від забруднення присвячена робота О. П. Янова і В. С. Ващенко [1]. За їх даними небезпеку в гірничих виробках становлять отруйні гази CO і NO<sub>x</sub>, які виділяються при ведінні вибухових робіт. Для пилогазоподавлення в роботі рекомендуються зрошення забрудненого повітря водою з добавкою поверхово активні речовини ПАВ.

В роботі В. Ф. Ярембаша описані теоретичні методи боротьби з пилом і шкідливими газами у вугільних шахтах [2]. Результати досліджень свідчать, що зрошення забрудненого повітря дисперговою водою не дозволяє досягти зниження отруйних газів.

Дослідження В. П. Журавльова, В. І. Саранчука, Н. А. Страхова та ін. містить узагальнене тлумачення системи зрошення пилової хмари [3]. Автори рекомендують для підвищення ефективності гідрознепилення застосовувати добавки хімічних речовин.

Для вивчення впливу адсорбованих пилом шкідливих газів на розвиток фіброзу легень ННДІБПГ сумісно з Криворізьким інститутом гігієни праці ставилися спеціальні дослідження на тваринах [1]. Запилення тварин проводили в трьох камерах. В першій камері тварини вдихували пил без адсорбованих газів, в другу камеру подавали пил з адсорбованим оксидом вуглецю, а в третю – з адсорбованими оксидами азоту. Середня концентрація пилу у повітрі становила 80-115 мг/м<sup>3</sup>. Досліди тривали на протязі 8 місяців. Морфологічні дослідження легень експериментальних тварин показали, що в усіх випадках мав місце силікотичний пневмофіброз. Однак ступінь розвитку фіброзу була більше вираженою у тварин, які перебували у другій і особливо у третій камерах. Отже, задача підвищення ефективності очищення повітря від пилу і шкідливих газів у гірничих виробках залишається актуальною.

**Постановка задачі.** Враховуючи шкідливість пилу і отруйних газів на органи дихання працюючих метою цих досліджень є запропонувати нові ефективні засоби очищення повітря в гірничих виробках шахт.

**Викладання матеріалу і результати.** Очищення рудникового повітря від оксиду вуглецю (CO) і оксидів азоту (NO<sub>x</sub>), відрізняється складністю через їх особливі властивості. Оксид вуглецю у воді розчиняється дуже мало і не вступає з нею в хімічний взаємозв'язок. Отруйна дія цього газу полягає у тому, що він легко з'єднується з гемоглобіном крові і робить його нездатним переносити кисень від легень до тканин, що призводить до задухи потерпілого. Оксиди азоту потрапляють до організму з повітрям через дихальні шляхи і з'єднуючись із вологою утворюють азотну кислоту, що призводить до набряку легень [4]. Надмірний тиск і висока температура сприяють адсорбції шкідливих газів на поверхнях пилових часток та проникненню їх у пори, щілини і між кусковий простір, а також на бокових поверхнях виробок (табл. 1). Під час прибирання гірської маси після провітрювання виробки адсорбовані гази разом з пилом надходять в рудникову атмосферу і стають додатковими небезпечними чинниками для організму працюючих [5]. Основними заходами боротьби із пилом і шкідливими газами в шахтах є провітрювання виробок і зрошення забрудненого повітря дисперговою водою. Багаторічний досвід провітрювання гірничих виробок і знепилення повітря засвідчив недостатню ефективність цих заходів через низьку швидкість повітряних струменів та недосконалість зрошувальних засобів.

Таблиця 1

Вміст адсорбованих шкідливих газів на частках пилу та на поверхні руди

Види технологічних процесів	Місце відбирання проб	Вміст адсорбованих газів на поверхні пилу	
		CO	NO + NO <sub>2</sub>
Вибухівні роботи в підготовчих виробках	На поверхні руди	0,0042	0,1341
	В середині руди	0,0057	0,1134
Вибухівні роботи в очисних блоках	В руді при випуску	0,0036	0,0223
	На поверхні стінок виробки	0,0018	0,1342
	В атмосфері виробок випуску руди	0,0017	0,2176
Розвантаження руди з вагонів на перекидачах	На поверхні руди в підземному бункері	0,0019	0,0093

Адсорбовані рудниковим пилом шкідливі гази мають дуже сильний зв'язок з поверхнею через силанольні групи, тому їх десорбція в природних умовах відбувається дуже повільно. Наприклад, через 200 діб десорбується тільки 60 % діоксиду азоту [1]. В умовах вибуху адсорбцію можливо розглядати як взаємодію молекул адсорбата (газу) з активними центрами поверх-

хні адсорбента (пилу). Усереднені дані дисперсного складу пилу у відбитій гірській масі представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Дисперсний склад пилу в зоні відкиду тупикових виробок шахт				
Найменування шахти	Найменування виробки	Відстань від вибою, м	Вміст часток, %	
			менше 10 мкм	більше 10 мкм
ім. Орджонікідзе	Штрек висячого боку гор. 527 м	15	50-60	40-50
«Родіна»	Штрек відкаточний гор. 1315 м	20	80-90	10-20
«Жовтнева»	Орт-заїзд 30 оси гор. 1060 м	5	10-20	80-90
ім. Фрунзе	Орт-заїзд 151 оси	10	30-40	60-70
«Жовтнева»	Орт-заїзд 72 оси гор. 965 м	15	50-60	40-50

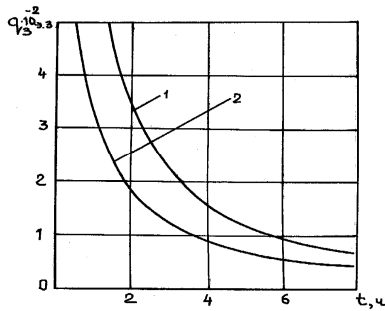
Як видно з таблиці 2 в безпосередній близькості від вибою фракції пилу менше 10 мкм складають 10-40 %, а на відстані від вибою 15-20 м їх вміст досягає 60-90 %, що свідчить про інтенсивне осадження крупних частинок. Таким чином, в зоні відкидання осідає пил переважно розміром більше 10 мкм, а дрібні фракції з адсорбованим газом виносяться з вибою ударною хвилею і рухом вентиляційного струменя та розповсюджуються у просторі рудникової атмосфери [6]. Результати досліджень стану забруднення атмосфери свідчать про те, що протягом регламентованого проміжку часу провітрювання тупикових виробок концентрації пилу і шкідливих газів у більшості випадків перевищують ГДК. В табл. 3 наведені приклади отруєння людей у гірничих виробках після вибухових робіт, які сталися на протязі останніх років у виробках шахт Кривбасу і ЗЗРК. Як видно, наведені випадки отруєння шкідливими газами мали смертельні наслідки.

Таблиця 3

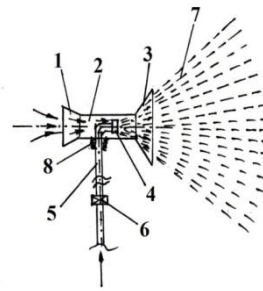
Випадки отруєння шкідливими газами після вибухових робіт у виробках		
Дата отруєння і найменування шахти	Обставини і місце отруєння	Причина отруєння
09. 2000 р. шахта ім. «Леніна»	Смертельний випадок отруєння бурильника шкідливими газами після підричних робіт в не провітреної тупиковій заходці	Перебування робочого після вибуху у виробці не обладнаній засобами провітрювання і очищення від шкідливих домішок
10. 2001 р. шахта «Експлуатаційна» ЗЗРК	Груповий смертельний випадок отруєння шкідливими газами після вибуху зам. начальника і гірничого майстра в не провітреному вибї	Перебування людей після вибуху в не провітреної виробці
01. 2002 р. шахта «Гвардійська»	Груповий смертельний випадок отруєння шкідливими газами після вибуху зам. начальника и горно робочого в очисному блоці	Перебування людей після вибуху в не провітреному очисному блоці
06.01.2009 р. шахта «Родіна»	Смертельний випадок отруєння підричника шкідливими газами після вибуху в підповерховій виробці	Пересування людей виробкою в забрудненому повітрі
10.08.2015р шахта «Ювілейна»	Смертельний випадок отруєння підричника шкідливими газами у виробці після підривання шпурів	Перебування людей у непровітреної виробці після вибуху

Рудниковий пил, утворений при руйнуванні гірської маси, має також електричний заряд, величина якого з часом зменшується (табл. 4) [7]. На рис. 1 представлені графіки зниження позитивних зарядів пилу на протязі доби.

Очевидно що цей фактор суттєво знижує ефективність очищення повітря звичайним зрошенням його диспергованою водою [8, 9]. Підвищення ефективності очищення рудникового повітря пропонується здійснювати за допомогою гідравлічних завіс з використанням високого гідростатичного тиску води. Гідравлічні завіси в гірничих виробках мають подвійну дію: ежекцію у свій дощовий факел оточуючого забрудненого повітря; зрошення повітря диспергованою водою під високим гідростатичним тиском. Основними параметрами даного способу очищення є: дисперсність крапель і відносна швидкість їх польоту, щільність водного аерозолу, розміри зони зрошення, ступінь турбулізації забрудненого потоку, напрямок руху забрудненого повітря і струменя гідравлічної завіси. Величини оптимальних параметрів зрошення коливаються у широких межах і залежать від механізму уловлювання пилу. Ефективність очищення повітря шляхом зрошення за умов дотримання оптимальних параметрів процесу може становити 90-99% [10,11].



**Рис. 1.** Зниження електричних зарядів пилу в часі: 1 - рудниковий пил ш. «Тернівська»; 2 - рудниковий пил ш. «Родіна»



**Рис. 2.** Схема пристрою для утворення гідравлічної завіси: 1-конфузор; 2-змішвальна камера; 3- дифузор; 4- форсунка; 5- водопровід; 6- електричний клапан; 7-гідравлічна завіса; 8- муфта

На рис. 2 наведено схему водоповітряного пристрою, який утворює гідравлічну завісу під час очищення забрудненого повітря в гірничих виробках.

Таблиця 4  
Електричні заряди пилу крупністю менше 40 мкм

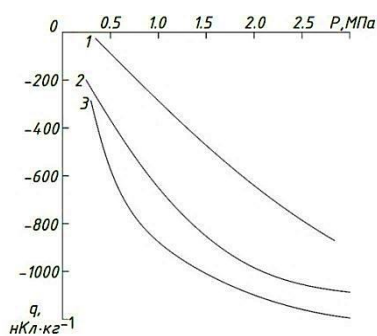
Найменування шахт	Величини зарядів пилу, е. з.			
	свіжий пил	після 2-х годин	після 5-х годин	після 24-х годин
«Тернівська» аглоруда, гематит	748-762	251-233	120-110	104-90
«Гвардійська» аглоруда, гематит	875-863	274-250	134-123	117-113
«Ювілейна» аглоруда, гематит	964-881	280-261	142-128	114-98
ім. Фрунзе аглоруда, гематит	676-615	258-234	128-119	110-102
«Зоря» марген	768-648	228-203	137-125	121-117
«Родіна» аглоруда, гематит	725-670	281-254	142-133	123-114
ім. Орджонікідзе магнетит, кварцити	763-670	248-231	123-113	105-98

форсунку 4 регулюється за допомогою електричного клапану 6. Корпус пристрою закріплений на водопроводі 5 за допомогою муфти 8 з можливістю повороту його і спрямування струменя завіси попутно, назустріч або під кутом до забрудненого повітря.

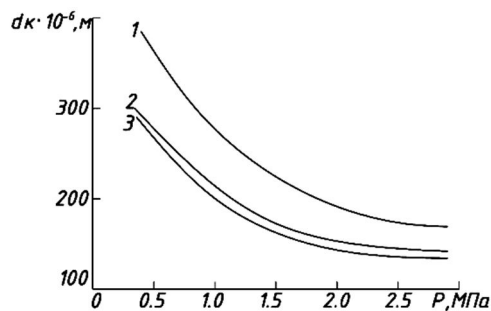
В процесі досліджень впливу різних факторів на фізичні параметри струменів при диспергуванні рідини за допомогою форсунок було встановлено, що водний аерозоль утворює електростатичне поле негативної полярності. Ступінь електричної зарядженості факелу диспергованої води залежить від конструкції форсунок, а також від тиску води. Доведено, що зі збільшенням тиску води в трубопроводі до 1 МПа досягається збільшення негативної напруженості електростатичного поля до 500-600 В/м і зменшення середнього діаметру крапель з 300 до 150 мкм (рис. 3 а, б). Це свідчить про значне збільшення кількості крапель та їх загальної поверхневої енергії, а відтак і зростання негативної напруженості електростатичного поля утвореного факелом зрошувача.

Природа електричного зарядження аерозолу пов'язана з утворенням і руйнуванням його подвійного електричного шару, а також з виникненням руйнівних дій на поверхні розділу фаз при дробленні рідини і розповсюдженні крапельного аерозолу.

Наявність електростатичного поля негативної напруженості у факелі аерозолу, утворюваного зрошувачем, а також змінення її величини від тиску води у трубопроводі дає підстави вважати, що у цьому факелі мають місце енергетичні процеси, обумовлені кількістю крапель, їх середнім діаметром, швидкістю руху, фізико-хімічними властивостями поверхневого шару і відстанню між ними у повітрі. Параметри цих процесів впливають на здатність коагуляції часток пилу з краплями води та адсорбцію шкідливих газів.



**Рис. 3 а.** Графіки залежності негативної напруженості електростатичного поля водного аерозолі від тиску води і типу зрошувача: 1 – ЗФ 3, 3-75; 2 – КФ 5, 0-75; 3 – КФ 2, 2-15



**Рис. 3 б.** Графіки залежності діаметру крапель водного аерозолі від тиску води і типу зрошувача: 1 – ЗФ 3, 3-75; 2 – КФ 5, 0-75; 3 – КФ 2, 2-15

Випробування гідравлічних завіс проводилося на промисловому майданчику шахти ім. Фрунзе ПАТ «Суша Балка» (рис. 4). Методикою випробувань передбачалося встановити залежності її технічних параметрів від тиску води у трубопроводі  $P_p$ , а також від її геометричних характеристик, таких як діаметр камери змішування  $d_k$  і ширини кільцевого отвору для випуску суміші  $b_0$ . За результатами випробувань отримані наступні параметри: діаметр крапель води від 1 мкм до 100 мкм; загальний заряд 1 кг крапель води (- 1444) – (- 1500) нКл; напруженість електростатичного поля (-500) – (-600) В/м [12,13].

На підставі проведених випробувань гідравлічних завіс високого тиску розроблено ряд рекомендацій щодо вибору і застосуванню даного обладнання. Необхідно відзначити, що в основі очищення забрудненого рудникового повітря в гірничих виробках за допомогою гідравлічних завіс лежить кілька суттєвих процесів.

Спостерігається змочування частинок пилу, їх подальша коагуляція і осідання з факелу гідравлічної завіси. Швидкість осадження дрібного пилу підпорядковується закону Стокса і пропорційна квадрату діаметра частинок пилу.



**Рис. 4.** Випробування установки на промисловому майданчику ш. «Овілейна» ПАТ «Суша Балка»

Тому найдрібніший пил без впливу зрошення практично не осідає. З'єднання крапель води із завислими частинками пилу підпорядковується закономірності порівняння діаметрів частинок. Якщо краплі за розміром співставні з частинками пилу, то відбувається їх ефективне захоплення і коагуляція. Така схема дії завіси забезпечує підвищення ефективності 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 (триб електричний ефект - утворення заряду під час тертя різних матеріалів), що призводить до електричного відштовхування однойменних зарядів частинок і збільшення тривалості їх перебування у зваженому стані [14].

Диспергування води в гідравлічних завісах утворює водний аерозоль, який формує електростатичне поле негативної напруженості. У межах гідравлічної завіси утворюється «загороджувальна стінка» забрудненому повітрю, що дозволяє здійснити його зрошення і знизити вміст у ньому шкідливих домішок. Основними технічними параметрами установки, від яких залежить ефективність очищення повітря є: кількість повітря, що засмоктується в зрошувальний струмінь  $Q_c, \text{м}^3/\text{с}$ ; вміст вологи у потоці водоповітряної суміші – щільність зрошення  $\rho, \text{г}/\text{м}^3$ ; середній діаметр крапель води  $d_c$ ; мкм; напруженість електричного поля  $E, \text{В}/\text{м}$ ; загальна електрична зарядженість аерозолі  $q_c, \text{нКл}/\text{кг}$ .

Для встановлення ефективності очищення рудникового повітря в підземних умовах шахт Кривбасу розроблено гідравлічну завісу «Дош», яка призначена для очищення забрудненого повітря після вибухових робіт у гірничих виробках. Завіса «Дош» являє собою систему патру-

бків обладнаних пристроями для утворення дрібнодисперсного водоповітряного факелу (рис. 2). Завіса з'єднана із загальношахтною гідравлічною магістраллю. Для ефективного очищення повітря, вода надходить до гідравлічної завіси під високим тиском 0,5-1,2 МПА. На виході з дифузора завіси водоповітряний факел розширюється під кутом  $12^{\circ} 25'$  і всмоктує в свій об'єм оточуюче забруднене повітря. В об'ємі завіси з утвореним електростатичним полем відбуваються процеси конденсації вологи і адсорбції шкідливих газів на краплях води. Випробування гідравлічної завіси в умовах ш. «Тернівська», на горизонті 1275 м відбувалися безпосередньо після вибуху шпурових зарядів ВР загальною масою 24 кг (грануліт 79/21 – 19 кг, україніт – 5 кг) при проведенні штреку 45-49 гор. 1308 м, орт 43 вісі. Забруднене після вибуху повітря надходило у наскрізну виробку, прилеглої до зони гірничих робіт. Результати промислових випробувань наведені в табл. 5.

Таблиця 5  
Результати випробувань гідравлічної завіси в умовах шахти «Тернівська»

Час вимірювання	Концентрація СО		Концентрація NO <sub>2</sub>		Концентрація пилу, мг/м <sup>3</sup>
	мг/м <sup>3</sup>	%	мг/м <sup>3</sup>	%	
14 <sup>45</sup>	74,5	0,0064	10,4	0,00054	26,3
14 <sup>47</sup>	100,7	0,0086	18,5	0,0094	28,7
14 <sup>49</sup>	158,6	0,0136	19,4	0,00101	30,4
14 <sup>51</sup>	92,3	0,0079	11,5	0,0006	20,2
14 <sup>53</sup>	48,6	0,0042	5,7	0,0003	11,4
14 <sup>55</sup>	22,3	0,0019	1,2	0,00006	4,1
14 <sup>57</sup>	10,2	0,00088	0,4	0,00002	1,5

повітря. З зниження концентрації пилу і газів до нормативних значень досягається за 12-13 хв.

#### Висновки

1. Підвищення ефективності очищення рудникового повітря від шкідливих домішок запропоновано здійснювати за допомогою гідравлічних завіс з використанням високого гідростатичного тиску води.
2. В процесі випробувань завіси встановлено, що водний аерозоль завіси утворює електростатичне поле негативної полярності.
3. Ступінь електричної зарядженості факелу диспергованої води залежить від конструкції пристрою для утворення завіси, а також від тиску води в трубопроводі.
4. Факел диспергованої завісою води засмоктує забруднене повітря утворюючи водоповітряну суміш високої дисперсності, що забезпечує змочування частинок пилу, їх подальшу коагуляцію і адсорбцію шкідливих газів негативно зарядженими краплями води.
5. Гідравлічна завіса працює в автоматичному режимі, а тиск води в трубопроводі контролюється за допомогою манометра і електричного клапану.

#### Список літератури

1. Янов А. П. Защита рудничной атмосферы от загрязнения / А. П. Янов, В. С. Ващенко – М.: Недра. 1977. – С. 75 – 77.
2. Ярембаш И. Ф. Очистка рудничной атмосферы после взрывных работ / И. Ф. Ярембаш – М.: Недра. 1979. – С. 37 – 105.
3. Журавлев В. П. Моделирование и проектирование систем гидрообеспыливания / [В. П. Журавлев, В. И. Саранчук, Н. А. Страхова и др.] – К.: Наукова думка. 1990. – С. 60-82.
4. Глинка Н. А. Общая химия. – М.: 2003. – 728 с.
5. Лапшин О. О. Постановка проблеми нейтралізації шкідливих газів при здійсненні вибухових робіт в гірничих виробках / О. С. Лапшин, А. К. Гацький, О. О. Лапшин // Вісник КТУ. – 2005. № 10. – С. 8-10.
6. Лапшин О. О. Знешкодження отруйних газів і пилу в гірничих виробках шахт // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ННДІОП. – Вип. 1. - 2002. – С. 35-39.
7. Лапшин О. О. Обґрунтування ефективності способів пилогазопридушення при підричних роботах в умовах шахт // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ННДІОП. – Вип. 4. - 2001. – С. 76-82.
8. Корж В. А. Вплив електроактивації аерозолі на інтенсивність пилогазоподавлення при провітрюванні / В. А. Корж, О. О. Лапшин // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ННДІОП. – Вип. 8. - 2004. – С. 32-39.
9. Лапшин О. Є., Лапшин О. О., Лапшина Д. О. Випробування гідравлічних завіс для очищення рудникового повітря від шкідливих домішок в підземних виробках шахт // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. Вип. 2/2017 (103). – С. 97-104.
10. Фролов А. В., Телегин В. А., Сечкарев Ю. А. Основы гидрообеспыливания // Безопасность жизнедеятельности. - № 10, 2007. – С. 95-100.
11. Фролов А. В., Телегин В. А. Исследование высоконапорного гидрообеспыливания пылеулавливающими

водовоздушними ежекторами с плоскоструйными форсунками // Горный информационно-аналитический бюллетень. Аэрология. – Вып. 5. 2008. – С. 164-168.

12. Лапшин О. Э., Лапшин О. О., Лапшина Д. О. Охрана рудниковой атмосферы. - Кривий Ріг. Криворізький національний університет. 2017. – С. 195-205.

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

14. Гого В. Б. Обоснование параметров диффузор-конфузорных 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. УДК 622. 807.

Рукопис подано до редакції 16.04.2018

УДК622.273.22

І.П. КУШНЕРЬОВ, Ю.Ю.КРИВЕНКО, кандидати техн. наук, доценти  
Криворізький національний університет

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДПРАЦЮВАННЯ ПОТУЖНИХ ПОХИЛИХ ТА КРУТОСПАДНИХ РУДНИХ ПОКЛАДІВ НА ШАХТАХ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

**Мета.** Удосконалення камерних систем розробки шляхом активного впливу по забезпеченню стійкості оголень порід, що дає можливість їх впроваджувати на глибоких горизонтах, збільшувати розміри камер і, таким чином, покращувати показники добування корисних копалин.

**Методи досліджень.** Аналіз та узагальнення існуючих технологій виймання рудних покладів, лабораторні дослідження втрат рудної маси в камері при відпрацюванні стеліни, аналітичне встановлення місця розташування додаткової виробки доставки в лежачому боці та стійко здатних параметрів.

**Наукова новизна.** Встановлена тенденція впровадження технологічних схем виймання залізних руд, обґрунтована необхідність та можливість застосування камерних систем з глибиною. Вперше з метою зменшення втрат рудної маси на лежачому боці камери передбачається варіант камуфлетно-стрясного підривання глибоких свердловин. Результати дослідів використані при розробці основ технології виймання рудних покладів в умовах активної дії гірського тиску.

**Практична значимість.** Розроблена інноваційна технологічна схема очисного виймання потужних похилих і крутоспадних рудних покладів та керування рудовміщачим масивом на глибоких горизонтах розширює область застосування камерної системи розробки, забезпечує стійкоздатність її конструктивних елементів, дозволяє значно підвищити ефективність добування руд.

**Результати.** Виконано аналіз сучасного стану застосування камерних систем розробки рудних покладів на досягнутих глибинах шахт Кривбасу. Встановлена тенденція впровадження технологічних схем виймання залізних руд, обґрунтовано необхідність та можливість застосування камерних систем з глибиною. Розроблена інноваційна технологічна схема очисного виймання потужних похилих та крутоспадних рудних покладів та керування рудовміщачим масивом на глибоких горизонтах. Пропонуються конструктивні особливості системи розробки покладів стійких руд з слабостійкими оточуючими породами. Запаси очисного блоку відпрацьовуються двома суміжними камерами із залишенням тимчасових стрічкових ціликів і, в подальшому, контрфорсів у вигляді тригранних призм для запобігання нестійкості оголень порід в камерах. Приведена залежність визначення місця розташування додаткової виробки доставки у породах лежачого боку від ряду факторів.

**Ключові слова:** камерна система, порода, додаткова виробка, похилі та крутоспадні рудні поклади.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-46-147-152

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Відпрацювання рудних покладів на досягнутих глибинах пов'язане зі значним погіршенням показників добування. Особливо це актуально при очисному вийманні руд камерними системами розробки у зв'язку з різким підвищенням негативної дії гірського тиску на її конструктивні елементи. Встановлено, що він збільшується прямо пропорційно пониженню гірничих робіт. Тобто, з глибиною розробки напружений стан руд і оточуючих порід та деформаційні процеси в них зростають і це негативно позначається на стійкості оголень порід. Крім цього, на розміри камер і ціликів значно впливають їх термін існування (експлуатації). Спостерігається зворотно пропорційна залежність між тривалістю (існуванням) конструктивних елементів системи розробки і гірським тиском на досягнутих глибинах. Внаслідок цього стрімко зменшуються параметри камер і, навпаки, зростають розміри ціликів. Таким чином, запаси руди перерозподіляються із камерних в