

УДК 622. 012.2: 628.8+622.51

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

ВИКОРИСТАННЯ ШАХТНИХ ВОД ДЛЯ НОРМАЛІЗАЦІЇ МІКРОКЛІМАТУ В ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ ГЛИБОКИХ ШАХТ

Стаття присвячена розробленню заходів з нормалізації мікроклімату в гірничих виробках глибоких шахт. Авторами встановлено фактичні величини температур, вологості і забезпеченості повітрям вибоїв шахт. Так, температура повітря в зоні гірничих робіт шахт Кривбасу близька до гранично допустимої 26°C, а у вибоях шахти «Експлуатаційна» ЗЗРК досягає 30-31°C. При відносній вологості 80-90 %, забезпеченість повітрям вибоїв становить 60-85%. Математична модель змінення температурних режимів відповідає переходу процесів від ізотермічного до адіабатичного, що супроводжується конденсацією водяних парів та зміною температури повітря в гірничих виробках шахтних вентиляційних систем. Запропоновано спосіб акумуляції шахтних вод у відпрацьованій гірничій виробці на верхньому горизонті. Після механічного очищення та охолодження шахтні води подають на робочий горизонт для знепилення і зниження температури повітря у виробках робочої зони. Для цього застосовують зрошувальні камери, які розташовують в зоні гірничих робіт. Використання шахтних вод для нормалізації мікроклімату дозволяє поліпшити умови праці в гірничих виробках та знизити рівень професійних захворювань серед працюючих в глибоких шахтах.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Розвиток гірничовидобувної промисловості в Україні потребує нових ефективних рішень зі збільшення видобутку, перероблення і реалізації мінеральної сировини в умовах жорсткої ринкової конкуренції. Успішне рішення цих задач неможливе без виконання заходів соціального захисту, поліпшення умов і безпеки праці в гірничих виробках. З огляду на сучасні умови праці в глибоких рудних шахтах слід зазначити, що видобуток залізної руди ускладнюється не тільки через обмежені гірничотехнологічні можливості, але й через несприятливі умови праці [1]. Так, вибої не забезпечені достатньою кількістю свіжого повітря, концентрації пилу на робочих місцях перевищують допустимі величини за санітарними нормами, а температура повітря у виробках наближається до позначки 26 °C регламентованої Єдиними правилами безпеки. Для поліпшення умов праці в гірничих виробках глибоких шахт необхідні нові ефективні методи нормалізації мікроклімату з мінімальними енергетичними витратами та надійним обладнанням.

Аналіз досліджень і публікацій. Численними дослідженнями встановлено, що сумісна дія на організм працюючих пилу і шкідливих газів, які утворюються при бурових, підричних і навантажувальних роботах в гірничих виробках, призводить до інтенсивного розвитку пневмокозів [1,2]. Крім того, підвищена температура повітря в гірничих виробках призводить до перегріву організму працюючих, порушенню функціонування органів дихання, що знижує імунітет організму до професійних захворювань.[3,5]. Розробленню методів кількісного визначення адсорбованих шкідливих газів рудниковим пилом шахт присвячені роботи [4,5]. Як свідчать дослідження ефективності способів і засобів пилогазоподавлення і охолодження повітря в гірничих виробках найбільше розповсюдження отримали: зрошення теплого повітря водяними завісами, застосування холодильних машин, зокрема у вугільних шахтах [6-11].

Постановка завдання. Як свідчить практика боротьби з пилом та нормалізації мікроклімату в глибоких рудних шахтах, досягти бажаних результатів поки що не вдається. Так, запиленість повітря на робочих місцях значно перевищує санітарні норми, а температура в гірничих виробках наближається до граничнодопустимих величин. Виходячи з таких обставин, є необхідним розроблення нових і ефективних засобів знепилення рудникового повітря та нормалізації мікроклімату в гірничих виробках глибоких шахт.

Викладання матеріалу та результати. Основними джерелами пилоутворення є: вибухові роботи - 60%; бурові роботи - 30%; навантаження і доставка гірської маси та кріплення - 10%.

У результаті спостерігається перевищення шкідливих газів і пилу за ГДК практично під час виконання всіх технологічних процесів (ГДК рудникового пилу, оксидів вуглецю і азоту відповідно становлять: 2 мг/м³, 0,0017% і 0,00026%).

Використання шахтної води для пилогазоподавлення після підричних робіт в гірничих виробках здійснювалося за допомогою ежекторної установки в орт-заїзді гор. 1060 м на шахті ім. Фрунзе (рис. 1).

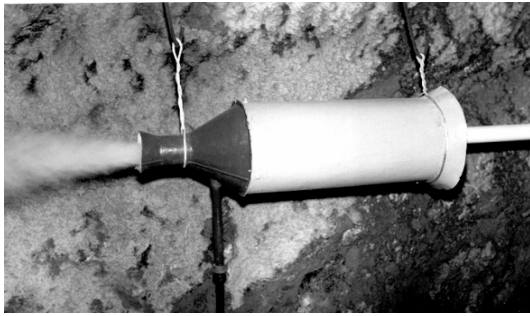


Рис. 1. Ежекторна установка в робочому стані після вибуху у вибої на шахті. ім. Фрунзе

Випробування в гірничих виробках здійснювалося в три етапи: перший етап полягав у визначенні концентрації пилу і газів після вибуху за відключених засобів провітрювання; другий – після видалення пилу і газів стисненим повітрям; третій – у вибої працювала ежекторна установка.

В табл. 1 наведені результати вимірювань концентрацій шкідливих речовин після вибуху у вибоях виробок із застосуванням різних засобів їх знешкодження.

Таблиця 1

Результати випробування ежекторної установки на шахті ім. Фрунзе

Характеристика Виробки	Кількість вибухових речовин, що підірвалися, кг	Засоби знешкодження шкідливих речовин	Концентрація пилу, мг/м ³	Концентрація газів, %	
				CO	NO+NO ₂
Вимірювання після вибуху (початкові концентрації)					
Орт-заїзд 3 вісі гор. 1060 м: довжина - 70 м, переріз - 10,5 м ² шпурів – 36, ВР - аміачно-селітрова	45	Засоби пилогазоподавлення не застосовувалися	52,6-205,2	0,18-0,25	0,025-0,035
	45	Вибій продувався стисненим повітрям	19,6-79,3	0,0013-0,09	0,005-0,008
	45	Працює ежекторна установка	1,3-1,6	0,0011-0,0015	сліди

Результати випробувань на шахті ім. Фрунзе свідчать про невисоку ефективність пилогазоподавлення після вибуху у вибої шляхом продування виробки стисненим повітрям.

Вона становить: за пилом - 61,9 %; за оксидами вуглецю 52,1 %; за оксидами азоту 56,7 %.

Застосування ежекторної установки засвідчило високу ефективність пилогазоподавлення: за пилом - 95-98%; за оксидами вуглецю – 55-80%; за оксидами азоту - 75-85%.

Процес прибирання гірської маси не супроводжувався перевищенням ГДК пилу і оксидів вуглецю, а оксидів азоту не було виявлено.

На рис. 2 наведено графіки залежності концентрації пилу у вибої від часу провітрювання і способу пилогазоподавлення.

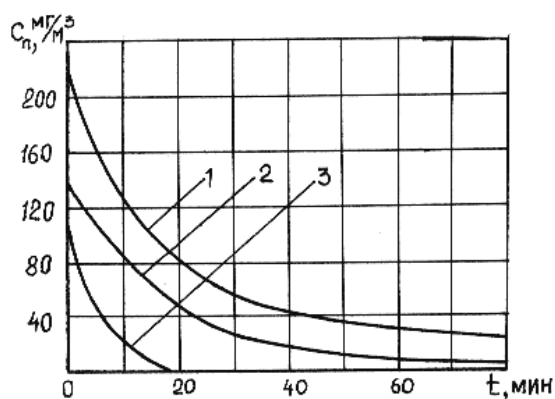


Рис. 2. Графіки залежності зниження концентрацій пилу у вибої від часу провітрювання і способу пилогазоподавлення: 1 - без застосування засобів пилогазоподавлення; 2 - провітрювання за допомогою вентилятора і видування стисненим повітрям; 3 - із застосуванням ежекторної установки і використанням шахтної води

На рис. 3 наведено графіки зміння температур гірських порід $t_{п}$ і повітря $t_{в}$ у вибоях шахт Запорізького залізничного комбінату (ЗЗРК) залежно від глибини розробки Н.

Наведені дані свідчать, що середня температура порід нейтрального шару на глибині 20-30 м становить близько 10-11°C.

На глибині 800-1000 м температура гірських порід становить 28-30 °С, а температура повітря на цих глибинах сягає 29-31°C (допустима температура повітря у гірничих виробках 26°C).

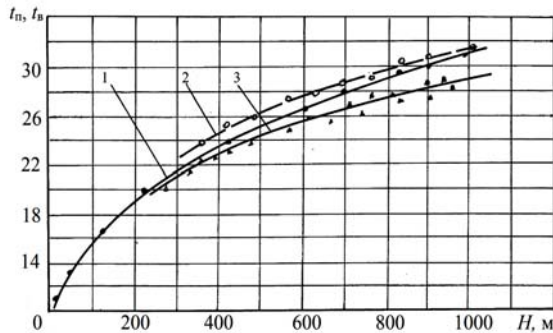


Рис. 3. Графіки залежності середніх температур гірських порід t_n і повітря t_b на робочих місцях у вибоях від глибини розробки H : 1 – за результатами термометрії розвідувальних свердловин; 2 – за результатами вимірювань t_n в шпурах ; 3 – за результатами вимірювань t_b на робочих місцях, у вибоях та у виробках шахти

Оцінка цих параметрів здійснювалася шляхом порівняння необхідних величин з їх фактичними даними. Вимірювання свідчать про те, що забезпеченість кількості повітря та його необхідної швидкості становить 60-80%, а температура повітря в них близька до 26-31°C при вологості 85-95%. За такого мікроклімату покращити теплові умови на робочих місцях можливо лише з допомогою ефективних заходів регулювання термодинамічних процесів в вентиляційній мережі.

У повітроподаючих стволах залежно від періоду року відбувається нагрівання або охолодження повітря, збільшення його відносної вологості та тиску. В горизонтальних виробках відбувається теплообмін з мокрими стінками, підвищення вологості, змінення швидкості повітря, статичний тиск змінюється несуттєво. У повітровидаючих виробках відбувається зниження статичного тиску, що призводить до конденсації вологи. Така зміна параметрів повітря обумовлює тепловиділення при політропних процесах у виробках, що призводить до підвищення температури в зоні гірничих робіт до 29-31°C та утворення несприятливих умов праці у вибоях.

Дані спостереження обґрунтовані математичним моделюванням теплообмінних процесів у виробках, що дозволить в подальшому здійснювати прогнозування теплового режиму шахти та його регулювання шляхом розрахунку і реалізації відповідних керуючих дій. Для побудови математичної моделі теплообмінних процесів складена загальна схема провітрювання гірничих виробок (рис. 4).

Дані спостереження обґрунтовані математичним моделюванням теплообмінних процесів у виробках, що дозволить в подальшому здійснювати прогнозування теплового режиму шахти та його регулювання шляхом розрахунку і реалізації відповідних керуючих дій. Для побудови математичної моделі теплообмінних процесів складена загальна схема провітрювання гірничих виробок (рис. 4).

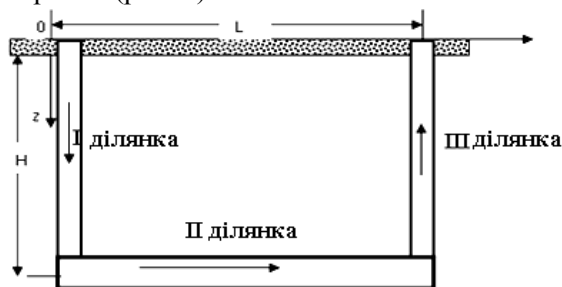


Рис. 4. Схема руху повітря у гірничих виробках

Відповідно до схеми, повітря рухається вниз вертикальним стволом на глибину H (I ділянка), а потім рухається горизонтальними виробками довжиною L (II ділянка), після чого підіймається угору вертикальним стволом (III ділянка). На ділянці I виділяємо дві області: у першій - змінення температури відбувається без конденсації водяної пари, а в другій – конденсація враховується.

Для двох перерізів ствола $z=z_1$ і $z=z_2$ швидкість змінення в часі теплоти буде

$$\Delta W_k = \int_{z_1}^{z_2} c_1 \cdot \gamma_1 \cdot f_1 \cdot \frac{\partial t_1}{\partial \tau} dz, \quad (1)$$

де $c_1=c(z)$ - питома теплоємність повітря, Дж/кг°C; $\gamma_1=\gamma(z)$ - густина повітря, кг/м³; $t_1=t(z, \tau)$ - температура повітря, °C; τ - час, с; f_1 - площа поперечного перерізу ствола шахти, м².

У свою чергу формула (1) складається з таких частин:

$$k_1 \cdot U_1 (t_1 - t_m) + c_1 \cdot \gamma_1 \cdot f_1 \cdot \frac{\partial t_1}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial z} (c_1 \cdot \gamma_1 \cdot f_1 \cdot w_1 \cdot t_1) = f_1 \cdot W_1, \quad (2)$$

де k_1 - коефіцієнт теплопередачі в шахтному стволі, Вт/(м²°C); t_m - температура масиву гірської породи навколо ствола на даній глибині, °C; $W_1=W(z, \tau)$ - щільність теплових джерел, Вт/м³.

У рівнянні (2) перша складова відповідає кількості теплоти, віднесеної до одиниці часу, яка надходить через бокову поверхню ствола шахти внаслідок теплообміну із зовнішнім середовищем. Друга складова, що віднесена до одиниці часу – кількість теплоти, що надходить від джерел у перерізі, який розглядається. Третя складова віднесена до одиниці часу – кількість теплоти, яка надходить через переріз ствола за рахунок руху повітря.

Конденсація парів води призводить до виділення тепла, щільність джерел якого можна визначити за формулою

$$W_k = r \cdot \gamma_1 \cdot d'(t_1) \cdot \left(\frac{\partial t_1}{\partial \tau} + w_1 \frac{\partial t_1}{\partial z} \right), \quad (3)$$

де $d'(t_1) = \frac{d}{dt_1}(d(t_1))$ – похідна від вологовмісту за температурою, кг/кг^{°C}.

Для отримання математичної моделі теплообмінного процесу у другій області ствола необхідно врахувати щільність джерел (очевидно тепловиділень при конденсації парів води)

$$\begin{aligned} c_1 \cdot \gamma_1 \cdot f_1 \cdot \frac{\partial t_1}{\partial \tau} + k_1 \cdot U_1 \cdot (t_1 - t_m) + \frac{\partial}{\partial z}(c_1 \cdot \gamma_1 \cdot f_1 \cdot w_1 \cdot t_1) = \\ = f_1 \cdot \gamma_1 \cdot w_1 \cdot g + r \cdot \gamma_1 \cdot d'(t_1) \cdot \left(\frac{\partial t_1}{\partial \tau} + w_1 \frac{\partial t_1}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

Враховуючи, що змінення теплоємності і густини вологого повітря відбувається у межах 3-6 %, що дозволяє при моделюванні вважати їх постійними (сталими). Далі є доцільним проведення досліджень усталених теплообмінних процесів для будь-якого поперечного перерізу ствола, приймаючи

$$f_1 \cdot \gamma_1 \cdot w_1 = G_o, \quad (5)$$

де G_o - масова витрата повітря, кг/с.

Таке припущення дає можливість отримати формулу, що описує сталий розподіл температури в іншій області на ділянці I по довжині шахтного ствола

$$t_1 = t_n + e^{-b_{1k} \cdot z_1} \left(\int_{z_{1p}}^{z_1} (b_{1k} \cdot \sigma \cdot (\xi - h_n) + a_1 \cdot \left(1 + \frac{n-1}{n} \frac{\gamma_o g}{p_o} \xi\right)^{n-1} e^{b_{1k} \xi} d\xi + (t_{1p} - t_n) e^{b_{1k} z_{1p}} \right) \quad (6)$$

Математична модель руху повітря горизонтальними, чи похилими виробкам (II ділянка), в яких немає, або є незначні політропічні процеси, задається рівнянням

$$c_2 \cdot \gamma_2 \cdot f_2 \cdot \frac{\partial t_2}{\partial \tau} + k_2 \cdot U_2 \cdot (t_2 - t_m) + c_2 \cdot \gamma_2 \cdot f_2 \frac{\partial}{\partial x}(w_2 \cdot t_2) = 0. \quad (7)$$

При цьому мають виконуватися початкові та граничні умови, де σ - геотермічний градієнт, °C/м.

$$\begin{aligned} t_2(\tau = 0) &= t_n + \sigma \cdot (H - h_n) \\ t_2(x = 0) &= t_1(z = H) \end{aligned} \quad (8)$$

Перше рівняння умови (8) свідчить, що в початковий момент часу температура повітря в горизонтальній виробці дорівнювала температурі гірських порід. Друге рівняння прирівнює температури під час переходу з ділянки I до ділянки II, тобто із шахтного ствола в горизонтальну виробку. З урахуванням початкових і граничних умов (8), виконуючи заміни $\theta_1 = t_1 - t_n$ отримуємо стаціонарне розподілення температури на ділянці II, тобто за довжиною горизонтальної виробки

$$t_2 = t_n + \sigma \cdot (H - h_n) + (t_1(z = H) - t_n - \sigma \cdot (H - h_n)) \cdot e^{-b_2 \cdot x}. \quad (9)$$

Математична модель нестационарного процесу теплообміну ділянки III схеми (рис. 4), що відображає рух повітря вентиляційним стволом знизу вгору, представлена рівняннями

$$t_3 = t_n + e^{-b_{3k} \cdot z_3} \left(\int_{z_{3p}}^{z_3} (b_{3k} \cdot \sigma \cdot (z - h_n) + a_3 \cdot \left(1 + \frac{n-1}{n} \frac{\gamma_o g}{p_o} z\right)^{n-1} e^{b_{3k} z} dz + (t_{3p} - t_n) e^{b_{3k} z_{3p}} \right). \quad (10)$$

$$\varphi_{3n} = \varphi_2(x = L)$$

$$p_{3n} = p_o \left(1 + \frac{n-1}{n} \frac{\gamma_o}{p_o} g \cdot H\right)^{\frac{n}{n-1}};$$

де p_o - тиск повітря на поверхні шахти, Па; γ_o - густина повітря на поверхні шахти, кг/м³; n - показник політропи.

Результати теоретичних і промислових досліджень дозволили розробити технологію охолодження рудникового повітря з використанням шахтних вод, яка полягає у наступному. Відомо, що за наявності великої кількості води, зрошувальне охолодження повітря є найбільш економічним [3]. При видобуванні залізної руди підземним способом у Кривбасі щорічно відкачується близько 18 млн м³ шахтних вод. За гідрогеологічними даними об'єми цих вод за останні роки не зменшилися, а прогнозні розрахунки свідчать про їх збільшення.

Результати калориметрії вказують на те, що питома теплоємність шахтної води (3,81 кДж/кгК) нижча за питну воду (3,92 кДж/кгК), але вона є достатньою для зрошувального охолодження рудникового повітря. За своїм хімічним складом шахтні води ЗЗРК наближені до вимог санітарних норм і рекомендовані для зрошення та знепилення рудникового повітря органами державного санітарного нагляду. Шахтні води Кривбасу мають підвищену мінералізацію, але за відсутністю агресивних домішок, також рекомендовані до використання для знепилення та зрошення рудникового повітря [10].

При визначенні теплофізичних параметрів рудникового повітря у шахтах Кривбасу встановлено, що в приствольних виробках, що примикають до обводнених стволів, температура повітря на 7-10°C нижче ніж у виробках, які примикають до сухих стволів. Факт зниження температури повітря в обводнених виробках свідчить про можливість використання цього природного явища для розроблення технології охолодження рудникового повітря в підземних камерах зрошення.

Для нормалізації мікроклімату в рудних шахтах розроблено установку «Оазис», яка складається з магістральних водо- та повітропроводів, від двох до чотирьох рядів патрубків, на яких змонтовано гідравлічні форсунки двобічної дії. Для одержання водоповітряної суміші використовується охолоджувальний ежектор.

Випробування проводилися в підземних наскрізних виробках (рис. 5а,б) із площею перерізу 12,6 та 13,2 м² в умовах шахт «Родіна» та ім. Леніна відповідно. Довжина виробок становила 95-110 м. Для утворення необхідних швидкостей і температур повітря, на вході у виробку було встановлено допоміжний вентилятор типу ВМ-5М і дифузор-нагрівач, з'єднані між собою гнучким вентиляційним рукавом. Задля здійснення промислових випробувань було виготовлено 40 двобічних відцентрових форсунок, які розміщувалися в чотири ряди на зрошувальній установці «Оазис» (рис. 5б). Кожен із рядів підключався до магістрального водопроводу з можливістю подачі води на форсунки кожного ряду окремо.

Визначення аеродинамічних параметрів повітря у камері зрошення здійснювалися в пунктах P_1 і P_2 , розташованих до й після рядів форсунок.

Під час випробувань вмикалися 2 ряди, а після вимірювань вмикалися 4 ряди форсунок. Тиск води в трубопроводі змінювався від 1 до 7 кгс/см², а швидкість повітря в камері змінювали від 0,5 до 4,0 м/с шляхом закриття вхідного отвору вентилятора.

Температуру повітря на вході у камеру змінювали від 18 до 27 °С - на шахті «Родіна» та від 26 до 32 °С - на шахті ім. Леніна. Для охолодження використовувалася вода, яка надходила трубопроводом 7 з накопичувального басейну, розташованого на верхньому горизонті шахти. Температура води, що надходила становила 11-13°C [10].

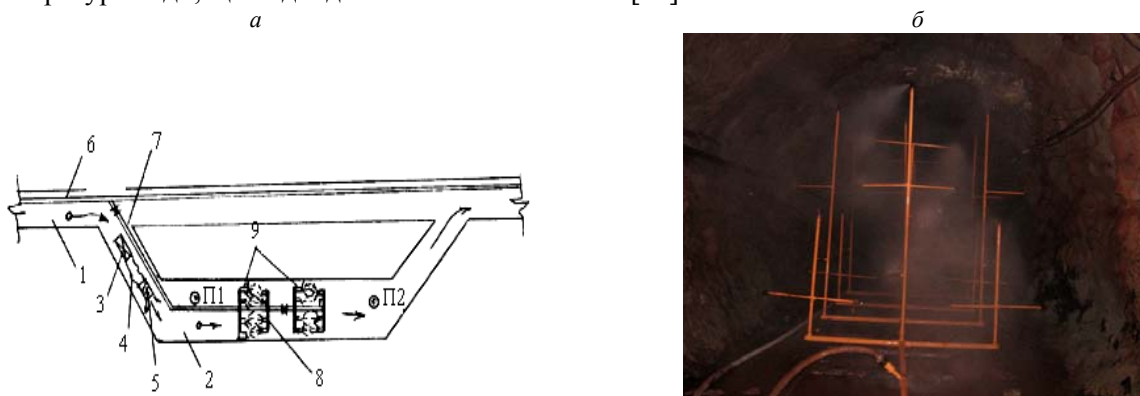


Рис. 5. Схema установки «Оазис» для проведення досліджень водо-форсунокового охолодження рудникового повітря у камері зрошення: а: 1 - основна виробка; 2 - камера зрошення; 3 - вентилятор; 4 - рукав; 5 - дифузор-нагрівач; 6 - основний водопровід; 7 - магістральний водопровід; 8 - установка «Оазис»; 9 - форсунки; б - вид установки «Оазис» у камері зрошення; 10 - конденсатор

Результати промислових випробувань установки «Оазис» у підземних камерах зрошення наведено в табл. 2.

Параметри мікроклімату під час випробувань установки «Оазис» у підземних камерах зрошення

Тип камери	Швидкість повітря, м/с	Температура повітря, T, °C		Вологість повітря, φ %		Ступінь зрошення повітря, ρ кг/кг	Ефективність охолодження, %
		до охолодження	після охолодження	до охолодження	після охолодження		
Випробування на шахті «Родіна», форсункове охолодження							
Дворядна 19 форсунок	0,5–4,0	18–27	15–19	45–70	80–95	0,02–0,11	23
Чотирирядна 38 форсунок	0,5–4,0	18–24	14–17	45–70	85–95	0,04–0,22	26
Випробування на шахті ім. Леніна, форсункове охолодження							
Однорядна 9 форсунок	0,9–2,0	26–32	22–24	55–78	75–80	0,2–0,5	21
Дворядна 18 форсунок	0,9–2,0	26–32	20–22	55–78	75–80	0,3–0,6	28
Випробування на шахті ім. Леніна, водоповітряне охолодження							
Однорядна 9 форсунок	0,9–2,0	26–32	19–20	55–78	75–80	0,2–0,5	32
Дворядна 18 форсунок	0,9–2,0	26–32	17–19	55–78	75–80	0,3–0,6	34

На рис. 6 наведено технологічну схему охолодження рудникового повітря в камері зрошення з використанням шахтних вод, які акумулюються в основному водоймищі 11, утвореному у відпрацьованій гірничій виробці 10 на верхньому горизонті шахти. До основного водоймища 11 перекачуються шахтні води з допоміжних водоймищ 13.

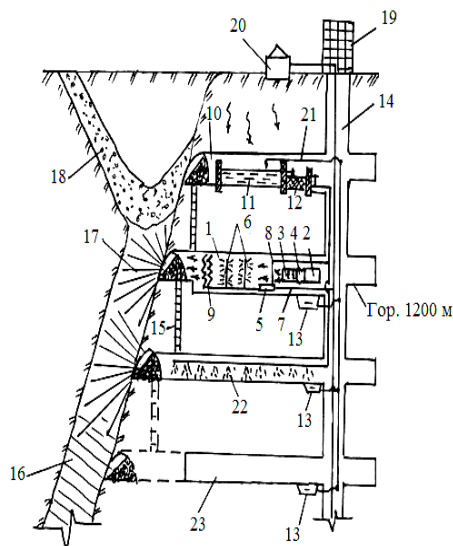


Рис. 6. Схема розміщення обладнання зрошувального охолодження рудникового повітря з використанням шахтної води: 1 – камера зрошення; 2 – вентилятор; 3 – нагрівач; 4 – гнучкий рукав; 5 – охолодний ежектор; 6 – форсунки; 7,8 – трубопроводи для стисненого повітря та шахтної води; 9 – конденсатор; 10 – відпрацьована виробка; 11 – основне водоймище; 12 – піщаний фільтр; 13 – допоміжне водоймище; 14 – головний повітроподаючий ствол; 15 – висхідний; 16 – рудний поклад; 17 – свердловини; 18 – обвалені породи; 19 – надшахтна будівля; 20 – компресорна станція; 21 – трубопровід для перекачування шахтної води; 22 – водоповітряні завіси; 23 – квершлаг-проходки

Перекачування здійснюється у нічні часи за мінімальним тарифом на електроенергію. В основному водоймищі 11 шахтні води охолоджувалися до 11–13°C і після механічного очищення у піщаному фільтрі 12 теплоізолюваним трубопроводом 9, прокладеним у стволі 14, подаються в камеру зрошення 1 за рахунок статичного тиску стовпа води. Якщо температура рудникового повітря не перевищує 30 °C, його охолоджують за рахунок води, що надходить із форсунок 6, а коли температура повітря є вищою від 30°C – охолодження здійснюють водоповітряною сумішшю, утвореною «Дисперсоідом» 5, яку спрямовують у камеру зрошення 1 через форсунки 6.

Для охолодження повітря застосовують як горизонтальні, так і вертикальні камери зрошення довжиною $L_k = 10d_k$, де d_k – еквівалентний діаметр камери, який визначається за формулою

$$d_k = 2 dk = 2 \sqrt{Q_n / \pi V_k}, \quad (11)$$

де Q_n – кількість повітря, що надходить у камеру зрошення, м³/с; V_k – швидкість вільного падіння крапель води, м/с.

Досвід використання шахтної води для зрошення рудникового повітря доводить, що основне акумулююче водоймище доцільно розташовувати на верхньому горизонті, в масиві гірських порід, що примикають до нейтрального шару землі і мають температуру 11-13°C. Камеру зрошення вертикальну, або горизонтальну розташовують ближче до зони гірничих робіт для запобігання нагріву охолодженого повітря.

Швидкість повітря в камерах зрошення для його ефективного охолодження слід підтримувати в межах $V=1-2,5$ м/с. При температурі рудникового повітря в зоні гірничих робіт до 30 °С доцільно застосовувати в камерах систему зрошувального охолодження, а при температурі повітря понад 30 °С – використовувати зрошувальне охолодження із застосуванням водоповітряної суміші, утвореної за допомогою ежектора «Дисперсоїд». Витрати стисненого повітря на один ежектор становлять 0,1-0,3 м³/с, а тиск у магістралі стисненого повітря складає 0,4-0,6 МПа. Кількість рядів форсунок у камері зрошення приймається ≥ 2 . Застосування акумулюючого водоймища дозволяє накопичувати шахтні води у кількості 1200-1500 м³ з температурою 11-13 °С, а потім використовувати їх для охолодження рудникового повітря та зрошення технологічних процесів. Решта шахтної води відкачується у нічний час за пільговим тарифом вартості електроенергії. Це дозволяє забезпечити покращення умов праці та зменшити щорічні витрати на відкачування шахтних вод у межах 1,2-2,5 млн грн по кожній шахті.

Враховуючи велику кількість шахтних вод, які відкачуються з підземних водоймищ, розроблений спосіб нормалізації мікроклімату має значну економічну доцільність.

Висновки і подальший напрямок досліджень. Встановлено фактичні величини температур, вологості, забезпеченості повітрям вибоїв шахт. Зміна температури рудникового повітря в глибоких рудних шахтах відповідає температурі гірських порід плюс 1-3°C внаслідок припливу тепла від обладнання, стиснення повітря, окислення, випаровування вологи, ведення вибухових робіт. Так, температура повітря в зоні гірничих робіт шахт Кривбасу близька до гранично допустимої 26 °С, а у вибоях шахти «Експлуатаційна» ЗЗРК сягає 30-31 °С. За відносної вологості 80-90 %, забезпеченість повітрям вибоїв становить 60-85 %. Крім того, встановлено закономірність тепло- масообміну при охолодженні рудникового повітря шахтною водою в камерах зрошення, реалізація якого із застосуванням програми на ЕОМ, дозволяє розрахувати оптимальні режими нормалізації мікроклімату в гірничих виробках шахт. Розроблено новий спосіб зрошувального охолодження рудникового повітря із використанням шахтних вод акумульованих у відпрацьованій гірничій виробці, розташованій в гірських породах, що примикають до нейтрального шару землі та мають середню температуру 10-11 °С.

Список літератури

1. Каспаров А.А. Гигиена труда и промышленная санитария / А.А. Каспаров – М. : Медицина, 1977. – С. 106-118.
2. Теория и практика охраны труда на угольных шахтах / [Э.Н. Медведев, В.Д. Мартовицкий, О.И. Кошуба и др.] - Макеевка : Донбасс, 2006. – С. 377-407.
3. Щербань А.Н. Справочное руководство по тепловым расчетам шахт и проектированию установок для охлаждения рудничного воздуха /А.Н. Щербань, О.А. Кремнев, В.Я. Журавленко. – М. : Недра, 1977. – С. 5-9.
4. Ярембаш И. Ф. Очистка рудничной атмосферы после взрывных работ / И. Ф. Ярембаш. – М : Недра, 1979. – С. 37-105.
5. Лапшин О.О. Знешкодження отруйних газів і пилу в гірничих виробках шахт / О.О. Лапшин // Проблеми охорони праці в Україні: зб. наук. праць - 2002. – С.35-39.
6. Моделирование и проектирование систем гидрообеспыливания / [В.П. Журавленко, В.И. Саранчук, Н.А. Страхова и др.] – К : Наукова думка, 1990. – С.13-22.
7. Химические вещества для борьбы с пылью / [В.И. Саранчук, В.П. Журавлев, И.В. Вайсберг и др.] – К. : Наукова думка, 1987. – 156 с.
8. Лапшин О.О. Підвищення ефективності знешкодження шкідливих газів і пилу в гірничих виробках шахт / О.О. Лапшин, П.В. Бересневич // Вісник криворізького технічного університету. – Вип. 3. – 2003. – 13-17.
9. Гродель Г.С. Борьба с пылью в очистных забоях / Гродель Г.С., Губский Ю.Н., Кривохижа Б.М. – К. : Техніка, 1983. – 72 с.
10. Лапшин А.А. Охлаждение рудничного воздуха с использованием шахтных вод / А.А. Лапшин // Горный журнал. – 2014. - №5. – С.13-17.
11. Лапшин А.А. Повышение эффективности охлаждения рудничного воздуха форсуночным орошением / Лапшин А.А., Ляшенко В.И. //Цветная металлургия. – 2014. - № 1. – С. 8-14.
12. Бизов В.Ф. Охрана праці в гірництві / Бизов В.Ф., Лапшин О.С. – Кривий Ріг : Мінерал. - Том VII, 2001. – С. 30-41.

Рукопис подано до редакції 17.04.15