

ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ПРАЦІ В ГЛИБОКИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТАХ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕНТИЛЯЦІЇ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ТА ОХОЛОДЖЕННЯ В НИХ ПОВІТРЯ

О. Є. Лапшин, докт. техн. наук, І. Б. Ошмянський, А. А. Демченко, кандидати техн. наук (Криворізький технічний університет), О. О. Лапшин, канд. техн. наук (Криворізьке гірничопромислове територіальне управління Держгірпромнагляду України)

Для улучшения условий труда в глубоких железорудных шахтах предлагается увеличить количество поступающего воздуха путем подачи его по главным стволам при условии очистки от пыли и охлаждения в оросительных теплообменниках.

Для поліпшення умов праці в глибоких залізорудних шахтах запропоновано збільшити кількість повітря, що надходить у шахту, шляхом подачі його по головних стовбурах за умови очищення від пилу і охолодження в зрошувальних теплообмінниках.

To improve the working conditions in deep iron ore mines the increasing of air amount by its delivery on the main trunks under condition of clearing and cooling the air in spray-type heat exchanger is proposed.

Мікроклімат у залізорудних шахтах визначається головним чином температурою та швидкістю руху повітря в гірничих виробках. Ці фактори є вирішальними для глибоких шахт із заповненням відпрацьованих камер твердіючою закладкою, де температура повітря у виробках перевищує 26 °С, що не відповідає вимогам Правил безпеки на підземних роботах [1].

У таблиці наведено результати визначення мікрокліматичних параметрів повітря у виробках і вибоях на основних глибоких горизонтах шахти «Експлуатаційна» Запорізького залізорудного комбінату (ЗЗРК). Результати свідчать про те, що температура повітря у виробках і вибоях досягає 27...30 °С при відносній вологості близько 90...100 %. У більшості очисних, бурових і тупикових прохідницьких виробок не забезпечується необхідна швидкість руху повітря [2].

Низька ефективність провітрювання гірничих виробок на поверхнях 740, 840 та 940 м викликана недостатньою продуктивністю головних вентиляторних установок (ГВУ), значною втратою свіжого повітря у вентиляційних спорудах та недоліками в регулюванні його розподілу в гірничих виробках через недосконалу технологію очисних робіт.

Як свідчить досвід роботи глибоких вугільних шахт Бельгії, Донбасу, а також дослідження Академії наук України, поліпшення мікрокліматичних умов у гірничих виробках можна досягти шляхом підвищення ефективності їх

вентиляції. Особливе значення надається вентиляції зони гірничих робіт, де сконцентровані очисне виймання та проходка тупикових горизонтальних і вертикальних виробок.

Основні параметри повітря шахти «Експлуатаційна»

Гірничі виробки і вибої	Горизонт, м	Площа перерізу, м ²	Швидкість руху повітря, м/с	Витрата повітря, м ³ /с	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Необхідна середня швидкість руху повітря, м/с	Забезпеченість вибоїв необхідною швидкістю руху повітря, %
Відкотний квершлаг	640	11,5	4,4	511	22,0	83	–	–
Вантажний квершлаг	740	18,3	5,5	101	22,0	83	–	–
Вантажний квершлаг	840	18,3	4,7	86	22,6	84	–	–
Вантажний квершлаг	940	14,0	2,5	35	23,2	85	–	–
Відкотний штрек	840	11,4	1,4	16	30,2	93	–	–
Транспортний ухил	740–840	16,0	1,5	24	24,8	92	–	–
Транспортний ухил	840–940	18,0	2,5	45	28,0	85	–	–
Орт-заїзд	740	11,4	0,25	2,9	22,8	84	1,6	16
Орт-заїзд	840	11,4	0,25	2,9	30,6	95	1,6	16
Прохідницькі виробки	875	12,4	0,3	3,7	28,8	93	0,5	60
Прохідницькі виробки	900	11,4	0,3	3,4	27,0	92	0,5	60
Прохідницькі виробки	900	11,4	0,5	3,4	26,0	85	0,5	60
Буровий штрек	810	9,0	0,25	2,3	27,0	85	0,5	60
Буровий штрек	885	9,0	0,25	2,3	27,0	85	0,5	50
Буровий штрек	690	9,0	0,25	2,3	26,0	85	0,5	50
Буровий штрек	715	9,0	0,25	2,3	26,0	85	0,5	50

До першочергових заходів відносять такі [3–6]:

застосування схем вентиляції, які забезпечують збільшення кількості повітря, що надходить у виробки;

забезпечення необхідної швидкості повітря у вибоях і виробках для підвищення інтенсивності повітрообміну;

зменшення кількості тепла, що надходить у виробки під час гідратації твердіючої закладки, проведення вибухових робіт, під час експлуатації електричного обладнання і машин;

запобігання втратам свіжого повітря через вентиляційні споруди та відпрацьовані вибої тощо.

Однак на більшості рудникових шахт застосовується схема всмоктувальної вентиляції. При застосуванні такої схеми вентиляції зона очисних робіт перебуває під великим розрідженням, тому тепле повітря від нижчих відпрацьованих камер потрапляє на верхні поверхи, що призводить до підвищення температури повітря.

Збільшення надходження повітря у виробки при схемі всмоктувального провітрювання можна досягти шляхом подачі його через стовбури, по яких здійснюється підйом руди на поверхню шахти. Правила безпеки дозволяють надходження повітря по вантажних стовбурах, але в цьому разі повітря має бути очищене від пилу, що потрапляє в нього від підйомних посудин, завантажених гірничою масою [7].

На рис. 1 наведено схему всмоктувальної вентиляції шахти «Експлуатаційна». Повітря в шахту подається по головних стовбурах 1. Одночасно по цих стовбурах видається на поверхню видобута залізна руда. Зустрічні потоки повітря і руди призводять до здування пилу і поширення його по всіх гірничих виробках.

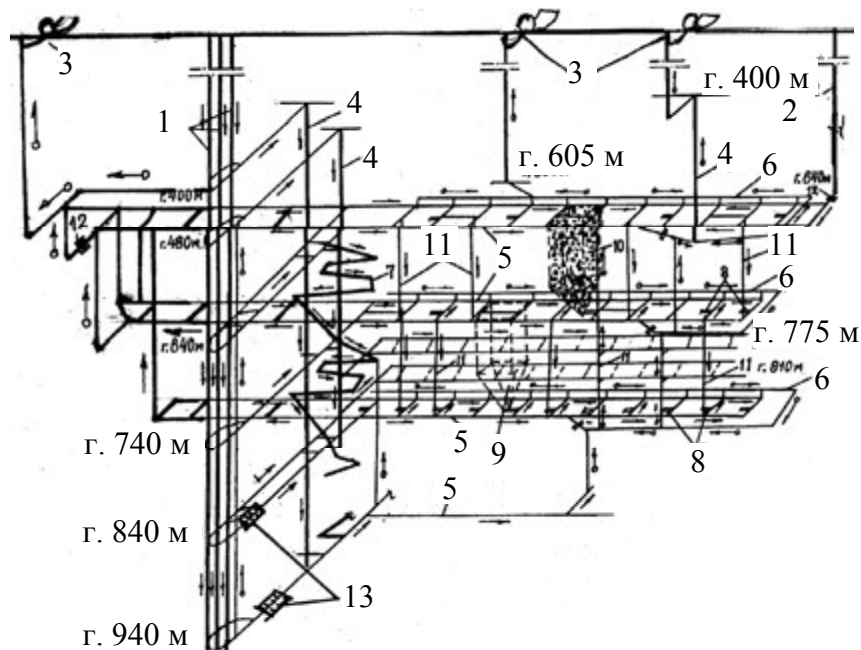


Рис. 1. Схема всмоктувальної вентиляції шахти «Експлуатаційна»: 1 – головні повітроподавальні стовбури; 2 – стовбур «Південний-вентиляційний»; 3 – головні вентиляторні установки (ГВУ); 4 – «сліпі» стовбури; 5 – виробки основних робочих поверхів; 6 – штреки-колектори; 7 – транспортний ухил; 8 – виробки вібровипуску; 9 – очисна камера; 10 – відпрацьована камера; 11 – висхідні виробки; 12 – місця розташування допоміжних вентиляторів; 13 – зрошувальні теплообмінники. → – свіже повітря; ○→ – забруднене повітря

Для очищення повітря пропонується використовувати зрошувальні системи, які у даному випадку здатні виконувати функцію теплообмінника. Однак уловлення пилу дисперговою водою не завжди є ефективним,

особливо у відношенні дрібнодисперсних частинок. З урахуванням цього було розроблено водоповітряну установку ВЕУ, випробування якої пройшло на шахті ім. Фрунзе ВАТ «Суша Балка», м. Кривий Ріг (рис. 2). Розбризкування води здійснювалося стисненим повітрям, що надходило в установку від стаціонарної магістралі.



Рис. 2. Зрошувальна водоповітряна установка (ВЕУ)

Випробування установки показало, що вона здатна утворювати дрібнодисперсні краплі води і забезпечити високу ефективність уловлення пилу. Під час випробувань було виявлено, що підвищення тиску в магістралі приводить до збільшення довжини факела водоповітряної суміші і зменшення діаметра крапель води. Довжина факела та діаметр крапель залежать також від ширини кільцевого отвору для випуску води з пневмогідравлічної форсунки, установленної в середині корпусу ВЕУ.

Математичне опрацювання результатів випробувань дозволило встановити емпіричні залежності між геометричними параметрами установки і величиною тиску повітря в магістралі. Так, довжина факела водоповітряної суміші визначається за формулою

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

де P_p – величина робочого тиску на вході в установку, МПа; b_o – ширина кільцевого отвору для випуску води, мм.

Середній діаметр крапель води визначали методом відбирання проб на скло, змащене шаром вазеліну, потім аналізували проби під мікроскопом. Досліди проводили з різною шириною випускного отвору і при різному тиску повітря, що подавалося в установку. Результати дослідів показали, що середній діаметр крапель залежить від тиску повітря в трубопроводі та від ширини кільцевого отвору для випуску води. Збільшення тиску приводить до зменшення середнього діаметру крапель незалежно від конструкції ВЕУ, при цьому утворюється більш насичене водоповітряне середовище з діаметром

крапель $d_c = 20 \dots 100$ мкм, довжина факела L_y при робочому тиску повітря $P_p = 0,5 \dots 0,8$ МПа змінювалася від 20 до 30 м.

Залежність середнього діаметра крапель від тиску повітря в магістралі та конструкції установки ВЕУ описується емпіричною формулою виду

$$d_c = 100 \sqrt{1/P_p \sqrt{270 \ln b_o + 310 / (b_o - 294)}}. \quad (2)$$

За результатами експериментів встановлено, що при ширині випускного отвору для води $b_o = 2 \dots 3$ мм утворюються краплі діаметром $d_c = 28 \dots 34$ мкм. При такому діаметрі крапель забезпечується найбільш ефективно уловлення пилу в повітрі.

Досліджувався також розподіл води по довжині факела. Для цього по всій його довжині встановлювалися посудини, в які збиралася вода за певний час роботи установки. Потім визначали кількість води в окремих посудинах і розраховували її об'єм у відсотках до загальної кількості води, зібраної в усіх посудинах. Результати цих досліджень (рис. 3) свідчать про те, що основна частина води в факелі (70...80 %) знаходиться в проміжку від 6 до 16 м.

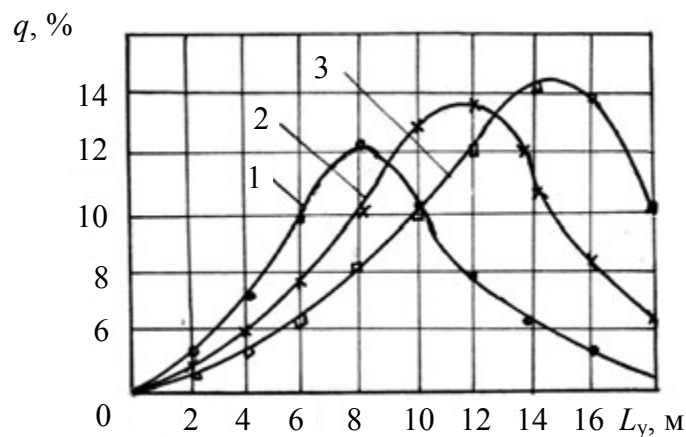


Рис. 3. Розподіл води по довжині факела водоповітряної установки ВЕУ: 1 – $P_p = 0,4$ МПа; 2 – $P_p = 0,6$ МПа; 3 – $P_p = 0,8$ МПа

Функції розподілу води дають можливість визначити основні характеристики її для процесу тепло- і масообміну. Так, масова витрата і площа поверхні води, що утворюється при розбризкуванні, визначаються за формулами [8]

$$G = \frac{1}{6} \pi \rho N \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} d_c^3 \psi_i dd_c; \quad (3)$$

$$F = \pi N \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} d_c^2 \psi_i dd_c, \quad (4)$$

де N – загальна кількість крапель у факелі; ψ_i – щільність розподілу крапель води, яка описується залежністю

$$\psi_i = \frac{A_1}{\sqrt{\pi}} \exp(-A_1^2 \xi^2), \quad (5)$$

де

$$\xi = \ln \left(A_2 \frac{\bar{d}_i}{1 - \bar{d}_i} \right); \quad (6)$$

$$\bar{d}_i = (d_i - d_{\min}) / (d_{\max} - d_{\min}). \quad (7)$$

При зміні діаметра крапель від d_{\min} до d_{\max} значення ξ змінюється від $-\infty$ до ∞ . Тому функція $\psi_i = f(\xi)$ у прийнятій системі координат має вигляд нормального закону розподілу Гаусса.

Для визначення коефіцієнтів A_1 та A_2 припустимо, що $\xi = 0$, $\psi_i = \psi_{i\max}$. Отже,

$$A_1 = \psi_{\max} \sqrt{\pi}; \quad A_2 = 1 - \frac{\bar{d}_{\psi\max}}{\bar{d}_{\psi\max}}, \quad (8)$$

де $\bar{d}_i = (d_i - d_{\min}) / (d_{\max} - d_{\min})$, $d_{\psi\max}$ – діаметр крапель з максимальною вірогідністю, в якій щільність розподілу ψ_i приймає максимальне значення ψ_{\max} .

Як видно з формули (4), площа поверхні крапель збільшується із зростанням витрати води та зменшення їх діаметру. Однак процес тепло- та масообміну крапель з повітрям залежить від часу їх контакту, тобто від довжини факела, що надходить з пристрою. Таким чином, у нашому випадку максимальна довжина факела становить близько 30 м, що й обумовлює найбільший час контакту крапель з повітрям.

В головній відкотній виробці установлюється зрошувальний теплообмінник, який має вигляд камери висотою 10 м, шириною 5 м, довжиною 30 м. Такі параметри камери теплообмінника задовольняють вимогам щодо довжини поширення факела та максимального часу контакту крапель з повітрям і забезпечують високу ефективність знепилення і охолодження повітря.

Висновки

1. Умови праці в глибоких залізородних шахтах погіршуються через незабезпеченість гірничих виробок чистим повітрям та його високу температуру.
2. Збільшити кількість повітря, що надходить у гірничі виробки, можна шляхом подачі очищеного від пилу повітря по всіх головних стовбурах.
3. Пропонується очищувати і охолоджувати повітря в зрошувальних теплообмінниках з використанням водоповітряної установки ВЕУ.
4. Випробування установки ВЕУ в промислових умовах дозволило обґрунтувати її технологічні параметри та ефективність: далекобійність до 38 м; середній діаметр крапель води 28...34 мкм; температура повітря 10...12 °С.

1. *Лапшин О. О.* Нормалізація мікроклімату у виробках шахт із заповненням очисного простору твердіючою закладкою // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». – Вип. 15. – К., 2007. – С. 123–128.

2. *Лашин О. Є., Ошмянський І. Б., Демченко О. Г. та ін.* Заходи і засоби підвищення ефективності провітрювання і нормалізації мікроклімату в глибоких залізорудних шахтах // Матер. міжнар. конф. «Форум гірників». – Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2007. – С. 253–257.

3. *Баратов Э. И., Хохотова А. А.* Вентиляция и кондиционирование воздуха на глубоких шахтах Бельгии. – К.: Изд. техн. литературы, 1964. – 71 с.

4. *Щербань А. Н., Кремнев О. А.* Научные основы расчета и регулирования теплового режима глубоких шахт. – Т. II. – К.: Изд. АН УССР. – 1960. – С. 5–51.

5. *Statistiques de base de l'industrie charbonniere.* – Comptoir Belge descharbons, 1961.

6. *L'industrie charbonniere Belge, Federation charbonniere de Belgique*, 1959.

7. *Единые правила безопасности* при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. – М.: Недра, 1973. – 135 с.

8. *Ярембаш И. Ф.* Очистка рудничной атмосферы после взрывных работ. – М.: Недра, 1979. – С. 140–165.