

4. **Коротич В.И., Фролов Ю.А., Бездежский Г.Н.** Агломерация рудных материалов. Научное издание. – Екатеринбург: ГОУ ВПО "УГТУ–УПИ", 2003. – 400 с.
5. **Юсфин Ю.С., Базилевич Т.Н.** Обжиг железорудных окатышей. – М.: Metallurgy, 1973. – 272 с.
6. **Журавлев Ф.М., Малышева Т.Я.** Окатыши из концентратов железистых кварцитов. – М.: Metallurgy, 1991. – 127 с.
7. Получение полностью офлюсованного доменного сырья из высококремнистых железорудных концентратов / **С.А. Федоров, Н.Н. Бережной, В.Н. Билоус** и др. // Бюллетень Черная металлургия, – 1983. – №12. – С. 31-35.
8. **Сулименко С.Е.** Перспективы совершенствования технологии производства гибридного окучкованного сырья и его использование в доменной плавке / **С.Е. Сулименко, Н.В. Игнатов, В.В. Бочка** и др. // Бюллетень Черная металлургия. – 2003. – №6. – С. 26.
9. Разработка технологических параметров получения офлюсованного окучкованного железорудного материала для доменной плавки, сочетающего лучшие металлургические характеристики агломерата и окатышей / **Н.И. Ступник, В.П. Лялюк, Ф.М. Журавлев** и др. // Вісник Криворізького національного університету, 2014. – вип. 36. – С. 3-9.
10. Патент України № 85795. Спосіб виробництва офлюсованого огрудкованого матеріалу з підвищеним вмістом заліза / **М.І. Ступнік, В.П. Лялюк, Журавльов Ф.М.** та ін. – 2013. – Бюлетень № 22.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.14

УДК 622.272.3.01: 536.24.

Д.О. ЛАПШИНА, аспірантка, асистент, Криворізький національний університет

НОРМАЛІЗАЦІЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПІДЗЕМНИХ КАМЕРАХ ШАХТ З ПРАЦЮЮЧИМ ОБЛАДНАННЯМ

Розглядається актуальна науково-практична проблема нормалізації мікроклімату та поліпшення умов праці в підземних камерах шахт із працюючим обладнанням. Серед чинників, які формують шахтний мікроклімат, провідне місце посідає надходження тепла від товщі гірських порід, механічної роботи стаціонарних і самохідних машин, або в результаті процесів окиснення. Крім того, автор доводить, що значна кількість тепла до головних повітроподаючих виробок надходить від камер із працюючим обладнанням, яке в свою чергу є джерелом суттєвих теплопритоків. Наведено результати експериментальних досліджень сучасного стану провітрювання та умов праці у камерах водовідливу шахт ПАТ «Кривбасзалізрудком». Отримані дані свідчать, що температура повітря в таких камерах може значно перевищувати гранично допустимі величини (26°C) і сягати 35-36°C. Так формується несприятливий мікроклімат, який вкупі з фізичним навантаженням негативно позначається не лише на продуктивності праці, а й на здоров'ї шахтарів. З урахуванням можливості та ефективності охолодження вентиляційного струменю шляхом використання адіабатичного розширення стисненого повітря, автором розроблено пневматичну вихрову установку «Клімат», запропоновано заходи щодо удосконалення схеми провітрювання у підземних камерах із джерелами штучного притоку тепла.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Температура повітря в підземних камерах шахт із працюючим обладнанням, яке в свою чергу є джерелом штучних теплопритоків, особливо на великих горизонтах, може значно перевищувати допустимі санітарні норми і сягати 35-36°C. За таких умов, у камерах формується несприятливий мікроклімат і значно погіршуються умови праці. Розв'язання проблеми нормалізації мікроклімату в підземних камерах шахт із працюючим обладнанням лежить у площині реалізації державної цільової програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2012-2016 рр., затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 31 серпня 2011 р. № 889-р. [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Розв'язанню проблеми створення нормальних теплових умов у гірничих виробках шахт присвячені дослідження багатьох вчених зокрема А. Щербаня, О. Кремнева, В. Журавленка, Ю. Дядькіна. Це питання розв'язувалося співробітниками національно-дослідних, учбових та проектних інститутів, серед яких – Макіївський державний національно-дослідний інститут (МакНДІ), Донецький вугільний і політехнічний інститут (ДонВУГІ та ДПІ), Дніпропетровський національний університет (ДНУ), Науково-дослідний інститут безпеки праці в гірництві (НДІБПГ), Криворізький національний університет (КНУ) [2].

Співробітниками НДІБПГ, зокрема В. Сахновським, С. Зайцем, О. Подцоком досліджувалися теплові умови у шахтах ЗЗРК (Запорізький залізрудний комбінат) і розроблялися рекомендації щодо їх поліпшення; В. Куроченком розв'язувалася проблема регулювання теп-

лового режиму гірничих виробок під час розкриття і підготовки глибоких горизонтів залізорудних шахт. На основі детальних досліджень шахтного мікроклімату, науковцями В. Кузіним, В. Алаб'євим, С. Піском та ін. створено Настанову з вибору гірничотехнічних способів нормалізації мікрокліматичних умов на виймальних дільницях глибоких шахт. Професорами кафедри рудникової аерології та охорони праці КНУ, А. Гуріним, О. Лапшиним, І. Ошмянським та ін., розроблено і впроваджено у виробництво заходи і засоби підвищення ефективності провітрювання і нормалізації мікроклімату глибоких залізорудних шахт; складено Настанову з проектування вентиляції рудних шахт.

Постановка завдання. Дослідження сучасного стану провітрювання та умов праці у підземних камерах шахт із працюючим обладнанням з подальшим розробленням заходів і засобів щодо їх поліпшення.

Викладення матеріалу та результати. Щорічне зростання глибини розробки родовищ багатих руд шахтами Кривбасу супроводжується збільшенням об'єму гірничих робіт і погіршенням умов праці. Висока температура і вологість рудникового повітря, підвищений атмосферний тиск, характерні для мікроклімату глибоких шахт, у купі зі значним фізичним навантаженням негативно позначаються не лише на продуктивності праці, а й на здоров'ї шахтарів.

Встановлено, що надходження тепла від товщі гірських порід, механічної роботи стаціонарних і самохідних машин, або в результаті процесів окиснення посідає провідне місце серед чинників, які формують шахтний мікроклімат [3]. Разом із цим, значна кількість тепла до головних повітроподаючих виробок надходить від камер із працюючим обладнанням. До їх числа належать: камери водовідливів, електropідстанції, камери перевантажувальних вузлів, машинні зали підземних підйомних установок, ремонтні майстерні, електровозні депо, які обслуговуються черговими машиністами, ремонтними бригадами, електрослюсарями.

З метою дослідження сучасного стану провітрювання та умов праці у камерах водовідливу було здійснено експериментальні дослідження в реальних умовах шахт ПАТ «Кривбасзалізорудком». Переважно дослідження проводилися в нічну зміну під час роботи максимальної кількості насосів, що обумовлено більш низькою тарифною ставкою на використання електроенергії у нічний час. Вимірювання здійснювалися протягом усієї робочої зміни: до моменту включення насосів і погодинно під час їх роботи із використанням наступних приладів: психрометра Ассмана, барометра, анемометра ПР-2, секундоміру та вимірювальної рулетки.

Температура визначалася психрометром Ассмана по сухому і вологому термометру; вологість визначалася за психрометричною таблицею відносної вологості повітря; швидкість повітря визначалася анемометром ПР-2 з використанням секундоміру; геометричні параметри камери визначалися за допомогою вимірювальної рулетки. Кожне вимірювання здійснювалося п'ять разів, після чого значення усереднювалися і заносилися до журналу. Пульс чергового машиніста вимірювався на початку робочої зміни, всередині та наприкінці.

Отже, типова камера водовідливу ш. ім. Леніна із геометричними параметрами 40×4×5 м, розрахована на роботу п'яти насосів типу ЦНС-300 потужністю 800 кВт кожний, обслуговується черговим машиністом і ремонтною бригадою в складі п'яти осіб. Провітрювання типової камери водовідливу, на прикладі ш. ім. Леніна, гор. 527 м, здійснюється так (рис. 1).

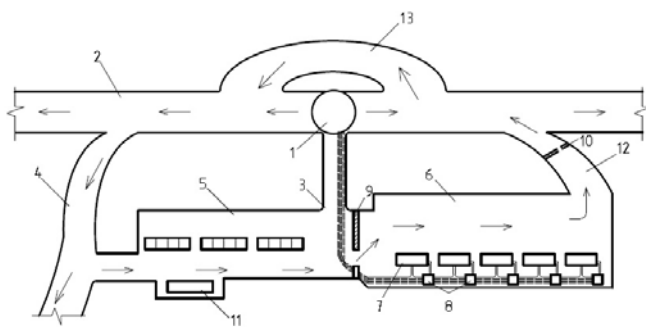


Рис. 1. Діюча схема провітрювання камери водовідливу розташованої на гор. 527 м, шахти ім. Леніна: 1 – ствол; 2 – головний квершлаг; 3 – збійка; 4 – вхідна виробка; 5 – електropідстанція; 6 – камера водовідливу; 7 – насоси ЦНС-300; 8 – водозбірні колодязі; 9, 10 – перемичка на вході та на виході з камери; 11 – робочий стіл чергового машиніста; 12 – вихідна виробка; 13 – обхідна виробка

Свіже повітря зі ствола 1 потрапляє у камеру водовідливу 6 двома шляхами: через вхідну виробку 4 і через збійку зі

стволом 3. На вході в камеру і на виході з неї встановлені перемички 9, 10 з дверима для зменшення рівня шуму і для регулювання кількості повітря. Потрапляючи в камеру 6 повітря поступово нагрівається до температури 36 °С і виходить через вихідну виробку 12 та по обхідній

виробці ствола 13 надходить у головний квершлаг 2. Через велику площу перерізу камери швидкість повітря невелика і не перевищує 0,16 м/с, що значно погіршує стан провітрювання камери.

На початку зміни до моменту ввімкнення насосів температура повітря в камері становила 25°C, вологість - 84%, швидкість повітря - 0,16 м/с. Частота пульсу чергового машиніста складала 75 ударів на секунду. Вже через півтори години після ввімкнення насосів температура зростає на 7,5°C і становила 32,5°C, вологість знизилася до 60%, швидкість руху повітря майже не змінилася $V = 0,15$ м/с. З кожною наступною годиною температура зростала на 1-2 °С.

Наприкінці робочої зміни о пів на шосту ранку температура сягнула максимальних значень і за одночасної роботи трьох насосів становила 35-36 °С, фіксована частота пульсу чергового машиністу складала 90 ударів на секунду. На рис. 2 наведено графік динаміки температури, за сухим 1 і мокрим 2 термометрами, під час робочої зміни у камері водовідливу.

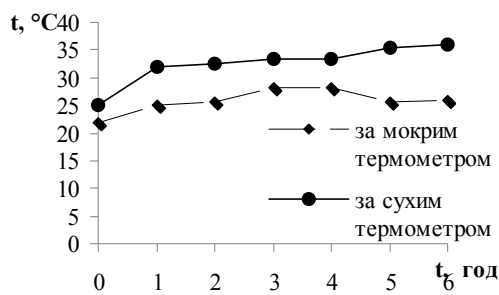


Рис. 2. Динаміка температури повітря в камері водовідливу протягом робочої зміни (гор. 527 м ш. ім. Леніна)

З графіку видно, що за першу годину роботи відбулося різке зростання температури за сухим термометром, подальше її зростання відбувалося поступово і після п'яти годин роботи температура досягла максимальних значень.

Динаміка зростання температури за мокрим термометром відрізняється. Так максимальні значення були зафіксовані на 3 і 4 годинах роботи

насосів, після чого температура знизилася до 25°C. Схеми провітрювання камер водовідливу на інших шахтах відрізняються несуттєво, кінцеві результати досліджень зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Метеорологічні умови в камерах водовідливу шахт ПАТ «Кривбасзалізрудком»							
Найменування шахти	Пункт виміру	Температура, °С			Вологість, φ	Атмосферний тиск, мм рт. ст.	Швидкість повітря
		t_c	t_m	Δt			
ім. Леніна, горизонт 527 м	На вході	24	22	2	84	780	0,28
	Стіл чегового	25	23	2	84		0,26
	В камері	36	26	10	42		0,16
	На виході	34,5	25	9,5	40		0,25
«Гвардійська», горизонт 1190 м	На вході	26	24	2	85	880	0,6
	Стіл чегового	27	28	2	85		0,4
	В камері	36	29	7	60		0,4
	На виході	35	28	7	60		0,6
«Жовтнева», горизонт 1115 м	На вході	24,5	22,5	2	84	800	0,3
	Стіл чегового	25	23	2	84		0,25
	В камері	34	26	8	65		0,2
	На виході	32	24,5	7,5	60		0,3

Отже, результати експериментальних досліджень сучасного стану провітрювання та умов праці у підземних камерах шахт із працюючим обладнанням, зокрема в насосних підстанціях шахтного водовідливу свідчать, що температура повітря в таких камерах може значно перевищувати гранично допустимі величини (26 °С) і сягати 35-36 °С, що обумовлює створення шкідливих умов праці [4]. Крім того в умовах високих температур і підвищеної вологості можливе скорочення безперебійної експлуатації обладнання, існує ризик виникнення аварії.

Враховуючи можливість і ефективність охолодження вентиляційного повітря у гірничих виробках шляхом використання адиабатичного розширення стисненого повітря під час його випуску крізь отвори трубопроводів і пневматичних машин у вибоях, вважаємо доцільним запропонувати використання пневматичної вихрової установки (ПВУ) «Клімат», розробленої нами на основі проведених досліджень по охолодженню атмосфери глибоких рудних шахт (рис. 3).

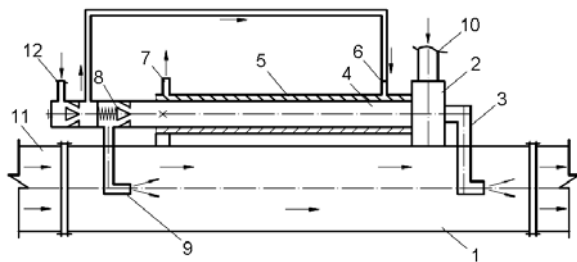


Рис. 3. Схема пневматичної вихрової установки «Клімат»: 1 - корпус, 2 - вихрова труба; 3 - холодний кінець вихрової труби; 4 - гарячий кінець вихрової труби; 5 - охолодна водяна сорочка; 6 - водопідвідний трубопровід; 7 - водовідвідний патрубок; 8 - теплове реле-дросель; 9 - повітревідвідний патрубок; 10 - трубопровід стислого повітря; 11 - трубопровід вентиляційного повітря; 12 - водопідвідний патрубок.

Вихрова установка «Клімат» призначена для охолодження вентиляційного повітря під час проходження гірничих виробок, провітрювання камер водовідливу; електропідстанцій; ремонтних майстерень; складів ВМ у вугільних та поліметалевих шахтах.

Запропонований пристрій працює так: стиснене повітря надходить із трубопроводу 10 у вихрову трубу 2, в якій відбувається його розподіл згідно ефекту Ранка на холодну та гарячу частини. Після цього холодна частина повітря потрапляє у корпус 1 через холодний кінець 3 вихрової труби 2, який розташований соосно у корпусі на виході.

Виходячи під тиском із труби 3, холодний струмінь розширюється адіабатично, завдяки чому додатково знижується його температура.

У процесі змішування холодного струменя із вентиляційним повітрям у корпусі 1 відбувається його охолодження. Гарячий кінець 4 вихрової труби 2 розташований зовні вздовж корпусу 1 і розміщений у водяній охолодній сорочці 5 з водопідвідним трубопроводом 6 і водовідвідним патрубком 7.

Вода в охолодній сорочці перетікає із одного кінця в інший, зумовлюючи теплообмін і процес охолодження в середині труби 4.

Далі охоложене повітря надходить у теплове реле-дросель 8, із допомогою якого здійснюється зміна продуктивності вихрової труби 2 і температури вентиляційного повітря.

Теплове реле-дросель 8 відрегульовано таким чином, що при підвищенні температури повітря в гарячому кінці 4 труби 2, дросель збільшує прохід повітря у відвідний патрубок 9.

У той же час збільшується кількість води, яка надходить у водяну сорочку 5, а при зниженні температури - зменшується прохід у відвідний патрубок і кількість води у водяній сорочці 5.

В середньому витрата води на охолодження становить 0,3 л/с, а витрата стислого повітря - 0,1 м³/с (360 м³/год).

Охоложене повітря до температури нижчої за температуру вентиляційного струменя з допомогою відвідного патрубка 9 направляється в середину корпусу 1 на його вході.

Запропонована пневматична установка ПВУ «Клімат» працює в автоматичному режимі, її використання дозволяє знизити температуру вентиляційного струменя на 6-8°C.



Рис.4. Експериментальна модель установки ПВУ «Клімат»

Експериментальні дослідження ПВУ «Клімат» проводилися в умовах шахти «Родіна» ПАТ «Кривбасзалізорудком», на території промайданчика.

Для здійснення вимірів використовувалися наступні прилади: термометри, проградуйовані за шкалою Цельсія; анемометри: крильчатий типу «А» 17258 і чашковий «А» 4209; секундомір; манометр.

Температуру визначали за допомогою контактних термометрів, проградуйованих за шкалою Цельсія.

Швидкість руху повітря в трубі визначали за допомогою анемометрів та графіків залежності числа поділок в секунду від швидкості повітряного потоку.

Контроль тиску стисненого повітря, що подавалося у вихрову трубу здійснювали за допомогою манометра. Під час випробувань змінювали діаметр діафрагми ($d=5;10;15$ мм).

Кожен вимір здійснювався п'ять разів, далі значення усереднювалися і заносилися до журналу.

Результати випробувань були опрацьовані та зведені у табл 2 а,б і в.

Експериментальні дослідження пневматичної вихрової установки «Клімат»: *a* - діаметр діафрагми $d = 5$ мм; *b* - діаметр діафрагми $d = 10$ мм; *в* - діаметр діафрагми $d = 15$ мм

a

Тиск P, атм	Температура повітря t, °C		Швидкість руху повітря V, м/с	
	у гарячому кінці труби t_r	у холодному кінці труби t_x	у гарячому кінці труби V_r	у холодному кінці труби V_x
1	39,0	18,0	2,8	5,8
2	47,0	11,9	3,0	10,0
3	48,0	7,1	0,8	0,75
4	49,5	4,1	1,5	1,1
4,5	49,0	3,7	1,6	1,35

b

Тиск P, атм	Температура повітря t, °C		Швидкість руху повітря V, м/с	
	у гарячому кінці труби t_r	у холодному кінці труби t_x	у гарячому кінці труби V_r	у холодному кінці труби V_x
1	45,0	26,0	5,9	4,5
2	60,0	20,0	4,7	4,6
3	73,0	13,5	0,8	2,7
4	83,0	4,6	1,1	5,3
4,5	85,0	3,0	1,0	6,0

в

Тиск P, атм	Температура повітря t, °C		Швидкість руху повітря V, м/с	
	у гарячому кінці труби t_r	у холодному кінці труби t_x	у гарячому кінці труби V_r	у холодному кінці труби V_x
1	49,5	28,2	0,86	7,1
2	63,5	23,4	0,55	2,6
3	80	16,3	0,55	3,9
4	89	12,4	0,49	5,1
4,5	94,5	12,4	0,49	5,7

У ході проведених випробувань підтвердився факт розподілу стислого повітря у вихровій трубі на дві частини: холодну та гарячу. Була зафіксована мінімальна температура повітря у холодному кінці труби, з діаметром діафрагми $d = 10$ мм – $t_x = 3^\circ\text{C}$ і максимальна температура у гарячому кінці труби, з діаметром діафрагми $d = 15$ мм – $t_r = 94,5^\circ\text{C}$ без застосування охолодної водяної сорочки.

З урахуванням наявних недоліків схеми вентиляції камер водовідливу, а також можливості та ефективності охолодження вентиляційного струменю шляхом використання адіабатичного розширення стислого повітря, пропонуємо альтернативний спосіб провітрювання камер водовідливу (на прикладі камери водовідливу шахти ім. Леніна, гор. 527 м) рис. 5.

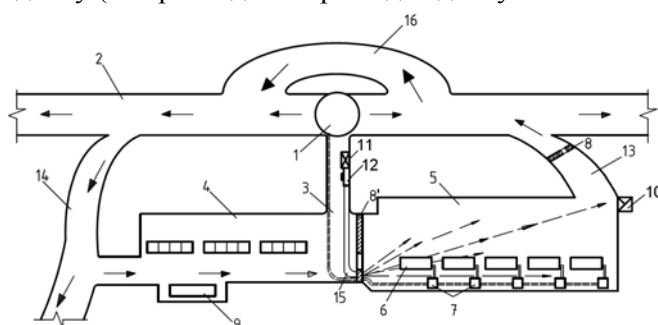


Рис. 5. Проектна схема провітрювання камери водовідливу (гор. 527 м ш. ім. Леніна): 1 - ствол; 2 - головний квершлаг; 3 - збійка; 4 - електропідстанція; 5 - камера водовідливу; 6 - насоси ЦНС-300; 7 - водозбірні колодязі; 8, 8' - перемичка; 9 - робочий стіл чергового машиніста; 10 - підняттевий; 11 - нагнітальний вентилятор ВЦ 4-70-16К; 12 - вихрова труба; 13 - вихідна виробка; 14 - вхідна виробка; 15 - вентиляційний трубопровід; 16 - обхідна виробка

Для здійснення запропонованої схеми провітрювання у збійці зі стволом розміщуємо відцентровий вентилятор 11 невеликої потужності, наприклад, ВЦ 4–70–16К, на якому буде змонтована пневматична вихрова установка «Клімат» з глушником шуму. Отже, при одночасній роботі двох і більше насосів, коли температура у камері сягатиме максимальних значень ($35-36^\circ\text{C}$) і однієї лише роботи вентилятора буде недостатньо для нормалізації теплового режиму, додатково застосовуватиметься установка «Клімат». Вентиляційне повітря, потрапляючи у вихрову трубу охолоджуватиметься і на виході з неї температура знизиться приблизно на 10°C . Тепле повітря планується видаляти із камери на вище лежачий горизонт, для цього необхідно пройти підняттевий 10.

Висновки і подальший напрямок досліджень. Температура повітря в підземних камерах шахт із працюючим обладнанням, зокрема у насосних підстанціях шахтного водовідливу, може значно перевищувати гранично допустимі норми (26 °С) і сягати 35-36 °С, що обумовлює створення шкідливих умов праці. Враховуючи можливість і ефективність охолодження повітря вентиляційного струменю шляхом використання адіабатичного розширення стисненого повітря, розроблено пневматичну вихрову установку «Клімат» для поліпшення теплових умов у камерах із джерелами штучних теплопритоків. Крім того, розроблено заходи щодо удосконалення схеми провітрювання у типових камерах водовідливу. Подальші дослідження будуть спрямовані на розроблення комплексної технології штучного провітрювання з урахуванням особливостей теплообміну між працюючим обладнанням і рудниковим повітрям у підземних камерах шахт.

Список літератури

1. Загальнодержавна цільова програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2012-2016 роки. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/889-2011-%D1%80>.
 2. Пивняк Г.Г. Пути решения проблемы нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт Донбасса / Г.Г. Пивняк, В.А. Бойко // Горный журнал, 2012. - № 8. – С. 15-18.
 3. Щербань А.Н. Руководство по регулированию теплового режима шахт / Щербань А.Н., Кремнев О.А, Журавленко В.Я. – М. : Недра, 1977. – С. 5-10.
 4. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. – М. : Недра, 1971. – 228 с.
- Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 669.162.16

Ф.М. ЖУРАВЛЕВ¹, канд. техн. наук, доц., В.П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, проф.,
Д.А. КАССИМ, И.А. ЛЯХОВА, кандидаты. техн. наук, доц., Е.В. ЧУПРИНОВ, ассистент
КМИ Криворожский национальный университет

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЫХ ОКАТЫШЕЙ С ЗАКАТАНЫМ ВНУТРЬ ТВЕРДЫМ ТОПЛИВОМ

Выбраны и испытаны реагенты для повышения гидрофильности поверхности частиц твердого топлива. Определены оптимальные расходы и продолжительность воздействия реагентов на поверхность кусочков твердого топлива для обеспечения полного закатывания всего топлива внутрь сырых окатышей. Отработаны технологические параметры процесса окомкования, позволяющие получать сырые окатыши с закатанным внутрь твердым топливом необходимого гранулометрического состава с требуемыми прочностными характеристиками.

Основной затратной статьёй в себестоимости выплавки чугуна в доменных печах является удельный расход кокса [1]. В настоящее время используются технологии частичной (в большей или меньшей степени) замены металлургического кокса в доменной плавке другими видами менее дефицитных и менее дорогостоящих (твердых, жидких и газообразных) топлив.

Основными требованиями к этим топливам являются: максимально возможное содержание полезных и минимальное - вредных элементов, а также минимальное влияние на газопроницаемость столба шихты в доменной печи при их использовании.

К числу таких технологий относятся: ввод в шихту доменной плавки кускового антрацита, вдувание в фурмы доменной печи пылеугольного топлива, природного и коксового газов, а также мазута [2].

Разработаны также технологии получения окускованных железорудных материалов (агломерат и окатыши), содержащих в своем составе остаточный углерод из введенного твердого топлива, не полностью сгоревшего в них в процессе термоупрочнения.

Проводились опытные плавки с использованием этих материалов в доменной шихте, показавшие эффективность применения такого материала [3-5].