

СЕКЦІЯ І

ПЕРЕРОБКА ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ КОПАЛИН

УДК 669.74

ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ВЕЛИЧИНУ ТИСКУ РОЗПИРАННЯ ВУГІЛЬНОЇ ШИХТИ

Д. В. Мірошниченко¹, К. О. Шмельцер², М. В. Кормер²,
І. М. Авдеюк¹, Ю. І. Федунець²

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, м. Харків, вул. Кирпичева, 2, Україна; Державний університет економіки і технологій, 50000, м. Кривий Ріг, пл. Захисників України, 2, Україна

¹ Мірошниченко Денис Вікторович, завідувач кафедри технології переробки нафти, газу та твердого палива, доктор техн. наук, професор, e-mail: dvmir79@gmail.com

² Шмельцер Катерина Олегівна, завідувач кафедри хімічних технологій та інженерії, канд. техн. наук, доцент, e-mail: shmelka0402@gmail.com

² Кормер Марина Віталіївна, доцент кафедри хімічних технологій та інженерії, канд. хім. наук, доцент, e-mail: kormer@duet.edu.ua

¹ Авдеюк Ілля Миколайович, аспірант кафедри технології переробки нафти, газу та твердого палива, e-mail: illia.avdeiuik@iht.khpi.edu.ua

² Федунець Юлія Ігорівна, студентка кафедри хімічних технологій та інженерії, fedunec.julii@gmail.com

Метою досліджень є оцінка можливості прогнозування тиску розпирання вугільних шихт з урахуванням їх технологічних властивостей та петрографічних характеристик. В роботі використовувалися стандартизовані методи вивчення технологічних властивостей вугілля та вугільних шихт (визначення технічного аналізу, петрографічного аналізу). Показано можливість прогнозування тиску розпирання вугільних шихт з урахуванням виходу легких речовин шихти, вмісту вітриніту та помелу. Запропоновані регресійні рівняння характеризуються високими коефіцієнтами кореляції (0,85 - 0,9). Їх використання дозволить оптимізувати склад вугільних шихт, контролювати показник тиску розпирання при перешихтовках та скоротити кількість експериментальних вимірювань в умовах конкретного коксохімічного виробництва.

Ключові слова: вугільна шихта, тиск розпирання, петрографічні характеристики, вихід легких речовин, якість коксу.

Якість коксу для доменної плавки на 70-80 % обумовлена властивостями вугільної сировини. Отже, згідно з сучасними уявленнями про властивості вугілля та процеси їх перетворення при коксуванні, склад вугільних шихт повинен підбиратися за показниками спікання та коксування окремих компонентів (вугільних концентратів), їх технологічних властивостей, відповідно до технології коксування прийнятої на підприємстві (шарове коксування, застосування трамбування, брикетування, термічної підготовки), а також з урахуванням вимог доменного виробництва до якісних характеристик коксу.

Тиск розпирання є також одним з найважливіших аспектів промислового процесу коксування, від якого залежать умови експлуатації, стан та строк служби пічного фонду коксохімічного виробництва. Головною причиною розвитку тиску розпирання вважається тиск в пластичному шарі парогазових

продуктів термічного розкладання вугілля, який через напівкокс-кокс передається на вогнетривку стінку опалювального простінка камери коксування, зумовлюючи його прогинання. Конструкції опалювальних простінків сучасних коксових батарей розраховують на тиск 7 кПа. Ця величина прийнята як граничне значення для коксуємих вугільних шихт, при її дотриманні забезпечуються нормальні умови експлуатації коксових батарей та тривалий термін їх ефективної експлуатації – не менше 25 років [1].

При використанні у виробництві коксу шихт із суттєво підвищеним тиском розпирання з'являються складнощі з видачею коксового пирога з печі – підвищується сила струму, споживаного електродвигуном прес-штанги коксовиштовхувача (так званий «ампераж» видачі), а в екстремальних випадках – одиничні, або масові «буріння» печей, тобто неможливість видачі коксу без здійснення спеціальних заходів, в тому числі з великою кількістю ручної праці, під дією високої температури та загазованості.

Враховуючи, що коксова батарея є найдорожчим об'єктом коксохімічного підприємства, а вогнетривка кладка печей становить близько 30 % вартості батареї, стає очевидним, наскільки важливим є знання величини тиску розпирання вугільних шихт, необхідність постійного контролю та прогнозу цього показника. Для цього лабораторії підприємств мають бути оснащені відповідними установками [2].

В роботі в якості об'єкта досліджень використовували 17 вугільних концентратів. З сімнадцяти вугільних концентратів шість представлені маркою Г, п'ять – маркою Ж, два – маркою К, по одному – марками ДГ, ГЖ, НЛК та ПС. Досліджені вугільні концентрати використовували для приготування вугільних шихт різного компонентного складу (дані в таблиці 1). Основні характеристики та технологічні властивості шихт представлені в таблиці 2.

Тиск розпирання визначали згідно State standard of Ukraine 8724:2017 за допомогою установки, яка відтворює в малому масштабі той же процес розвитку тиску розпирання, що має місце в промислової печі.

Таблиця 1

Компонентний склад вугільних шихт

Проби шихти	Марки вугілля			
	Г	Ж	К	ПС
1	45	2	52	1
2	46	3	50	1
3	45	2	52	1
4	46	2	51	1
5	40	6	53	1
6	38	4	57	1
7	43	4	52	1
8	44	4	52	-
9	32	13	54	1
10	31	11	57	1
11	35	10	54	1
12	37	9	53	1

Якісні характеристики проб вугільної шихти

Проби шихти	W_t^r , %	A^d , %	S^d , %	V^{daf} , %	Y , мм	R_o , %	V_t , %	P^H , кПа	Вміст класу <3 мм, %
1	10,3	7,7	1,04	32,6	14	0,96	79	7,0	80
2	9,2	7,7	1,10	32,8	13	0,94	80	6,6	80
3	9,5	7,8	1,08	32,6	14	0,97	79	6,8	81
4	9,0	7,0	1,14	33,6	14	0,96	75	6,7	80
5	9,0	7,9	1,11	32,6	15	0,99	79	7,1	81
6	8,8	7,9	1,04	32,1	14	0,97	80	8,1	81
7	10,3	7,9	1,06	32,6	13	0,98	81	7,1	81
8	10,3	7,8	1,05	32,8	14	0,99	79	6,9	81
9	8,5	7,8	0,88	31,8	14	0,96	82	7,9	80
10	8,7	8,2	1,44	31,9	16	0,98	81	8,1	79
11	9,0	7,4	1,23	31,8	15	0,99	80	7,6	79
12	9,3	8,0	1,44	32,5	16	0,95	79	7,3	79

Досліджували взаємозв'язки між петрографічними, технологічними показниками якості вугільних шихт та тиском розпирання.

Так, встановлено, що для вугільних сумішей характерний вплив генетичних та технологічних властивостей на формування тиску їх розпирання при коксуванні. Тісний зв'язок підтверджують високі коефіцієнти кореляції між P^H та V^{daf} , V_t ($r=0,84$ та $r=0,62$ відповідно). Відповідні графічні залежності тиску розпирання від виходу летких речовин (V^{daf}) та показника відбиття вітриніту (V_t) мають лінійний характер, представлені на рисунках 1, 2.

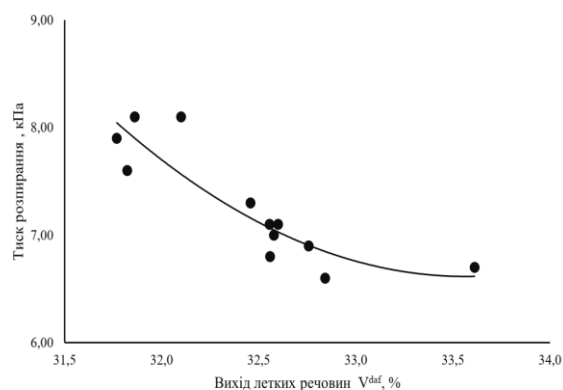


Рис.1 – Залежність тиску розпирання від виходу летких речовин

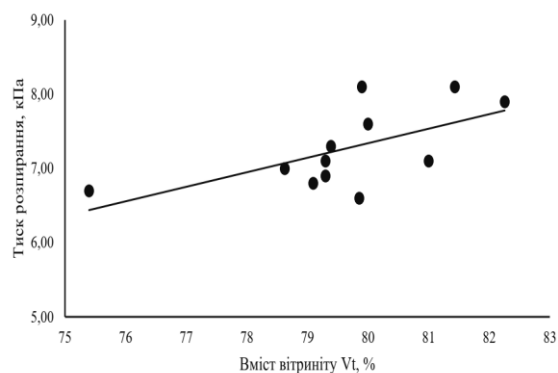


Рис.2 – Залежність тиску розпирання від вмісту вітриніту

Рівняння, які описують отримані графічні залежності, наведені в таблиці 3.

Математичні залежності

№	Вид залежності	Статистична оцінка	
		<i>r</i>	<i>D, %</i>
(1)	$P^H = 0,4419 \cdot V_{\text{ш}}^{daf2} - 29,669 \cdot V_{\text{ш}}^{daf} + 504,56$	0,89	79,58
(2)	$P^H = 0,1957 \cdot Vt - 8,3183$	0,62	38,68

Даючи оцінку представленим рівнянням (1) і (2), можна стверджувати, що вони характеризуються високими коефіцієнтами кореляції *r* (0,84 та 0,62 відповідно).

Встановлено, що при підвищенні виходу летких речовин на 1% спостерігається зменшення тиску розпирання на 0,9 кПа. При збільшенні вмісту вітриніту на 1 % фіксували збільшення тиску розпирання на 0,2 кПа.

Для перевірки можливості прогнозування тиску розпирання вугільних шихт використовували регресійне рівняння (3), отримане на основі досліджень властивостей вугільних сумішей (вихід летких речовин, помел), та рівняння (4)-(5), розроблені за результатами досліджень вугільних концентратів (виходу летких речовин, показника відбиття вітриніту та вмісту вітриніту). Зазначені рівняння наведені в таблиці 4:

Таблиця 4

Регресійні рівняння

№	Рівняння	Статистична оцінка		
		<i>r</i>	<i>D, %</i>	<i>σ, од.</i>
(3)	$P^H = -0,829 \cdot V_{\text{ш}}^{daf} - 0,071 \cdot \gamma_{(3-0 \text{ мм})} + 39,878$	0,85	72,6	0,31
(4)	$P^H = 24,251 \cdot R_0 - 0,00912 \cdot Vt - 12,919$	0,89	78,8	2,96
(5)	$P^H = -0,8285 \cdot V^{daf} + 0,0307 \cdot Vt + 31,986$	0,9	81,2	2,79

Порівняння результатів вимірювань та обчислень P^H представлено на рисунку 3.

Порівнюючи результати обчислень з фактичними результатами вимірювань, необхідно зазначити, що відсутня адитивність показника P^H у багатокомпонентних вугільних сумішах. При чому, значення тиску розпирання P^H , розрахованого за правилом адитивності, у всіх шихтах вище, ніж експериментальні значення.

Рівняння (4), яке враховує тільки петрографічні характеристики, дає неточний результат, отримані значення P^H також вище фактичних. Найкращий результат прогнозування фіксували при використанні математичних моделей,

які враховують вихід летких речовин, як основний параметр, та додаткові фактори – вміст вітриніту і помел шихти.

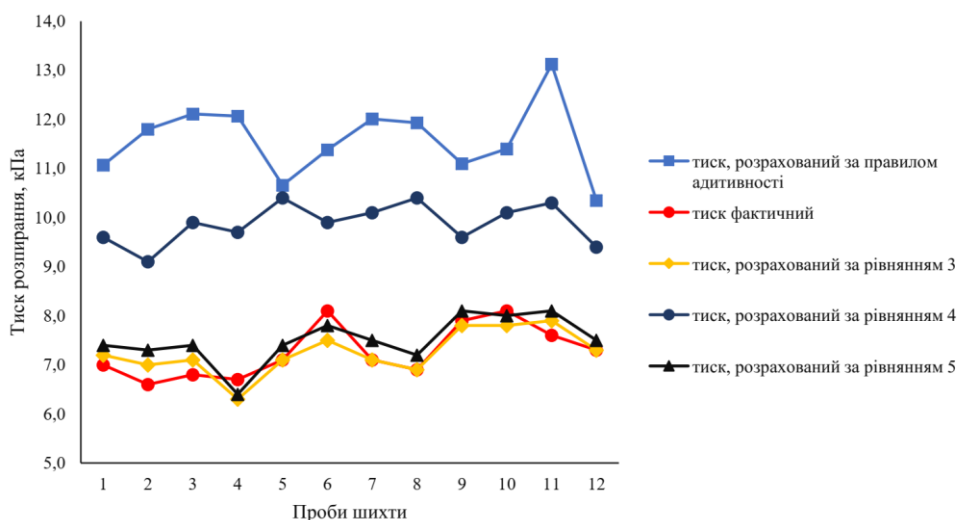


Рис.3 – Порівняння результатів фактичних, адитивних та прогнозованих значень P^H

Отже, рівняння (3) та (5) можна рекомендувати для прогнозування тиску розпирання.

Бібліографічний список

1. Кузнiченко В.М. Тиск розпирання вугiлля та шихт в процесi коксування / В.М. Кузнiченко, I.В. Шульга, О.В. Ситник. – Х.: Планета-Прiнт, 2021. – 210 с.
2. Мукина Н.В. Опыт внедрения лабораторной установки для определения давления распирания углей и шихт на КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» / Н.В. Мукина, Е.П. Черноусова, В.М. Кузнiченко, А.В. Сьтник // Углехимический журнал. 2016. №3-4. С.3-10.

Factors influencing the pressure value of coal batch bursting

D.V. Miroshnychenko, Doctor of Technical Sciences, K.O. Shmeltser, PhD of Technical sciences, M.V. Kormer, PhD of Chemical Sciences, I.M. Avdeyuk, PhD student, Y.I. Fedunets, student

The aim of the study is to evaluate the possibility of predicting the bursting pressure of coal blends taking into account their technological properties and petrographic characteristics. Standardized methods of studying the technological properties of coal and coal blends (determination of technical analysis, petrographic analysis) were used in the work. The possibility of predicting the bursting pressure of coal blends was shown, taking into account the yield of volatile substances in the blend, vitrinite content, and grinding. The proposed regression equations are characterized by high correlation coefficients (0.85 – 0.9). Their use will make it possible to optimize the composition of coal charges, control the bursting pressure during regrinding, and reduce the number of experimental measurements in a particular coke production.

Keywords: coal batch, bursting pressure, petrographic characteristics, volatile matter, coke quality.