

*Chernaia metallurgiiia – Izvestiya. Ferrous Metallurgy*, 2011, № 1, pp. 44-47.

25. Makarenko K.V., Kul'bovskii I.K. *Sposob polucheniia razlichnoi struktury metallicheskoii matritsy v zagotovkakh iz vysokoprochnogo chuguna s sharovidnym grafitom iz litogo sostoianiia* [A way to obtain various structures of a metal matrix in blanks of high-strength cast iron with spherical graphite from a cast state]. Patent RU, no. 2196835, 2003.

Рецензент: І.Ю. Малишева  
канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 15.09.2022

УДК 669.74

doi: 10.31498/2225-6733.45.2022.276234

© Шмельцер К.О.<sup>1</sup>, Кормер М.В.<sup>2</sup>, Мирошніченко Д.В.<sup>3</sup>, Чупринов Є.В.<sup>4</sup>

### ВПЛИВ СТУПЕНЮ ЗМІШУВАННЯ НА ЯКІСТЬ ПІДГОТОВКИ ВУГІЛЬНИХ ШИХТ

*В умовах погіршення сировинної бази та неритмічності поставок вугільних концентратів на коксохімічні підприємства при вирішенні проблеми якісної підготовки вугільної шихти для коксування одним з ключових моментів, який необхідно враховувати, є досягнення ступеню змішування вугільної шихти за всіма показниками до 98-99%. За результатами досліджень в умовах КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» встановлено, що причиною низького ступеню змішування є велика кількість компонентів в шихті, мінливість їх фізико-хімічних показників. Встановлено, що підвищення гомогенності шихти обумовлює збільшення механічної міцності коксу за показником  $M_{25}$  на 2-4%, при цьому стиранність за  $M_{10}$  зменшується на 0,5%. Рекомендовано здійснювати організоване змішування вугільної шихти за допомогою змішувальних машин.*

**Ключові слова:** вугілля, вугільна шихта, організоване змішування, однорідність технологічних властивостей, багатобасейнова сировинна база.

***E.O. Shmeltser, M.V. Kormer, D.V. Miroshnichenko, E.V. Chuprinov. Influence of the degree of mixing on the quality of preparation of coal batches. The low degree of mixing is due to the large quantity of components in the of the batch, irregular supply of coal concentrates, fluctuations in their physical and chemical parameters. Research results indicate that increasing the homogeneity of the coal batch through the introduction of organized mixing will improve the physical and mechanical properties of coke. It should be noted that the smallest effect from the use of mixing units is achieved with the batch preparation scheme, which involves grinding all its components in one crushing unit. At the same time, the use one crusher instead two or four makes it possible to achieve a high degree of homogeneity of the batch. In the final grinding schemes, which provide for group or differentiated grinding the components of batch is required to use mixing machines. To ensure the efficiency mixing the components of the coal batch, it is desirable to install mixers in the transfer nodes, on the transfer of the batch from the conveyor to the conveyor or on top of the coal***

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент, Навчально-науковий технологічний інститут Державного університету економіки і технологій, м. Кривий Ріг, ORCID: 0000-0001-6830-8747, [shmelka0402@gmail.com](mailto:shmelka0402@gmail.com)

<sup>2</sup> канд. хім. наук, доцент, Навчально-науковий технологічний інститут Державного університету економіки і технологій, м. Кривий Ріг, ORCID: 0000-0002-6509-0794, [maprina1955@gmail.com](mailto:maprina1955@gmail.com)

<sup>3</sup> д-р техн. наук, професор, НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, [dvimir79@gmail.com](mailto:dvimir79@gmail.com)

<sup>4</sup> канд. техн. наук, доцент, Навчально-науковий технологічний інститут Державного університету економіки і технологій, м. Кривий Ріг, ORCID: 0000-0001-8605-3434, [itchupa@gmail.com](mailto:itchupa@gmail.com)

*tower, in this case the segregation of the batch is reduced to a minimum. The degree of mixing all indicators of coal batch for 98-99%, which ensure a stabilization of the properties of coke in conditions multi-basin coking raw material base is one of the most important problem of the coal preparation technology for coking. Based on the results of the research in terms of coke production of PJSC «ArcelorMittal Kryvyi Rih» found that the large quantity of components in the mixture, the variability of their physicochemical parameters are cause of low degree of mixing the batch. Organized mixing of the coal batch using mixing machines was recommended to implement.*

**Key words:** coal, coal batch, organized mixing, homogeneity of the technological properties, multi-basin coking raw material base.

**Постановка проблеми.** Вимоги до вугілля, яке подається на переробку, визначаються можливостями процесу шарового коксування. Вони зводяться, в першу чергу, до забезпечення стабільних заданих властивостей вугільної шихти (вмісту вологи, сірки, зольності, виходу летких речовин, насипної густини, гранулометричного складу, спіклivosti, коксівності тощо) у кількостях, які відповідають одному завантаженню коксової камери і в кожному невеликому її об'ємі, з метою отримання коксу, що відповідає вимогам сучасної доменної плавки [1, 2].

Однорідність технологічних властивостей вугільної шихти – це важливий параметр. Так, добре перемішана за об'ємом вугільна шихта забезпечує однакові параметри пластичної зони по мірі її переміщення у вугільному завантаженні, впливає на протікання усадкових явищ при утворенні напівкоксу, коксу, обумовлює однакові властивості коксу в об'ємі кожного куску.

Однорідність складу і властивостей вугільної шихти, що визначає однорідність коксу і його поведінки при вторинному нагріванні в доменній печі, передбачає отримання однакових значень її параметрів в пробах, відібраних з будь-яких точок об'єму завантаження. У зв'язку з цим, наближення до стану однорідності шихти є функцією ступеня змішування її компонентів [3].

Отже, ще одним важливим аспектом вдосконалення технології підготовки вугільної шихти для коксування з метою поліпшення якості коксу є забезпечення високого ступеня змішування вугільних концентратів, з яких складають шихту для коксування, так як це обумовлює можливість отримання однорідного за структурою коксу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для оптимальних умов спікання і коксоутворення необхідно забезпечити тісний контакт між вугільними зернами і рівномірний розподіл слабоспікливого вугілля в загальній масі, що досягається перемішуванням компонентів вугільної шихти при відповідному її гранулометричному складі [1, 4-6]. У зв'язку з цим, під час підготовки вугільної шихти до коксування, необхідно звертати особливу увагу на якісне змішування її складових і забезпечувати однорідність складу вугільної шихти. Так, підвищення рівномірності показників якості вугільної шихти дозволить поліпшити умови експлуатації коксових батарей, стабілізувати показники якості коксу, підвищити вихід доменного коксу за рахунок підвищення його міцності.

**Мета статті** – дослідити вплив ступеню змішування на якість підготовки вугільних шихт та фізико-механічні характеристики коксу.

**Виклад основного матеріалу.** Враховуючи, що для коксохімічних виробництв України зберігається тенденція формування багатобасейнової сировинної бази коксування, окрім усереднення шихти перед подачею на коксування, яке забезпечує стабілізацію її властивостей, важливого значення набуває підвищення ступеню однорідності вугільного завантаження в об'ємі камери коксування.

На коксохімічному виробництві (КХВ) ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» у силоси закритого складу надходили вугільні концентрати від близько 15 постачальників. Шихту вуглепідготовчого цеху (ВПЦ) постійно складають з 9-12 компонентів, що ілюструють дані гістограми (рис. 1).

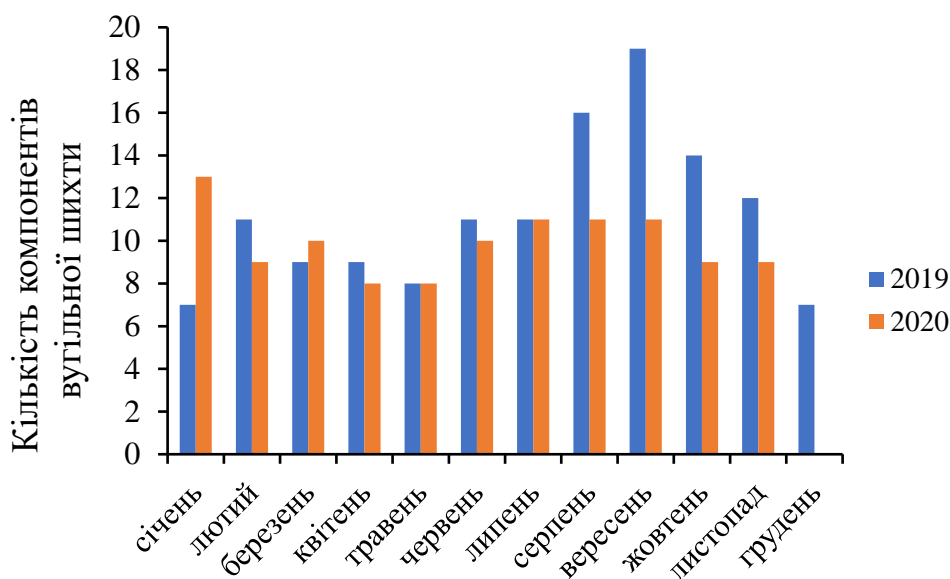


Рис. 1 – Кількість компонентів у вугільній шихті КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» за період 2019-2020 рр.

На багатьох коксохімічних підприємствах за кордоном максимальна кількість вугільних концентратів, з яких складають шихти, не перевищує 2-3. Якість коксу в першу чергу визначається оптимальним складом і кількістю вугільних концентратів. Неритмічність поставки такого великого числа марок вугілля і коливання їх фізико-хімічних параметрів знижують якість коксу і стабільність його показників. Забезпечити високу якість коксу і стабільність його фізико-механічних властивостей в умовах коксохімічних підприємств при використанні в шихті великого числа вугільних концентратів досить складно. Для отримання коксу стабільної якості необхідно вирішувати проблему ефективного змішування вугільної шихти, що йде на коксування [1, 2].

Відбір проб вугільних концентратів та вугільної шихти проводили ручним методом з поверхні зупиненого конвеєра за допомогою пристосування (рами). На стрічку конвеєра встановлювали раму, яка представляє собою дві паралельні стінки, вертикально розташовані на відстані, яка становить не менше двох розмірів максимального куска. Раму занурювали у вугільну сировину до транспортувальної поверхні перпендикулярно напрямку руху потоку. Відібрана проба доставлялася у вуглепробну для подальшої підготовки до проведення випробування. Підготовка включала послідовні операції подрібнення, скорочення та розділення проби. Обладнання та інструменти для підготовки проб відповідали вимогам ДСТУ 4096-2002 «Вугілля буре, кам'яне, антрацити, горючі сланці та вугільні брикети. Методи відбору та підготовки проб до лабораторних випробувань» [4].

Показники технічного, пластометричного і петрографічного аналізів вугільних концентратів, вугільних шихт наведені в табл. 1-3.

Можна відзначити, що всі показники якості вугільних концентратів змінювалися в дуже широких межах.

Продовжуючи дослідження [2, 7], проаналізувавши і узагальнивши дані показників якості вугільної сировини, встановили, що ступінь змішування шихти у ВПЦ КХП, розрахований за методикою [8] по виходу летких речовин, змінювався в межах від 84 до 88,3%, що далеко від оптимального, економічно виправданого ступеня її змішування 97-98%.

Ступінь змішування шихти, який визначався за коливанням її вологості, знаходився в межах 74,2-77,8%, що є небажаним, враховуючи значний вплив вологи на насипну густину шихти і якість коксу. Так, за даними досліджень [9-11] коливання вологості вугільної сировини обумовлюють зниження механічної міцності коксу, підвищення його витрати і зниження продуктивності доменної печі.

Для виробничої вугільної шихти розраховали ступінь змішування за показником зольності та отримали інтервал 43-47 %. За показником вмісту сірки він склав 92,3-96%, що пояснюється незначним коливанням вмісту сірки у вугільній шихті. Низький ступінь змішування шихти –

19,3-22% отримали для «опіснюючого» класу 0-0,5 мм. Це пов'язано з вмістом зазначеного класу у вугільних шихтах ВПЦ КХВ в межах 40-46%, що набагато перевищує оптимальне значення.

Показник ступеня змішування шихти за зміною в пробах товщини пластичного шару дорівнює 67-70%, а насипної густини шихти – 68-72,4%, що також не сприяє отриманню коксу високої якості.

Ступінь змішування шихти за показниками її петрографічного складу для вітриніту і суми фюзенизованих компонентів склав відповідно 87,7-91,5 і 86-90,2%, що недостатньо для оптимального, економічно виправданого ступеня змішування.

Аналізуючи отримані результати ступеня змішування шихти, можна констатувати, що ця шихта потребує додаткового змішування перед подачею її в коксову камеру. Для дослідження впливу ступеню однорідності вугільної шихти на фізико-механічні властивості коксу здійснили дослідні ящикові коксування. Коксували проби виробничої вугільної шихти з встановленим ступенем змішування (базова шихта) та проби після додаткового перемішування. В якості кількісної оцінки ступеню змішування приймали кількість змішувань «на конус». Встановили, підвищення гомогенності шихти обумовлює підвищення дробимості за показником  $M_{25}$  на 2-4%, при цьому стиранисть за  $M_{10}$  зменшилась на 0,5% (отримані результати ілюструють діаграми на рис. 2).

Таблиця 1

Зміна технічних та пластометричних показників якості вугільних концентратів

Постачальник	Марка	Вміст в шихті, %	Технічний аналіз, %				Пластометричні показники, мм	
			$W_t^r$	$A^d$	$S_t^d$	$V^{daf}$	x	y
Integrity CS USA	Ж	9-12	5,5-8	7,4-9,3	0,8-1	29,8-37,5	29-46	18-22
Eagle Blend USA	Ж	10-22	6,1-8	7,6-8,2	0,85-0,95	34,7-35,2	34-44	17-20
Печорська	2Ж	16-27	4,9-13,3	8,1-9,3	0,51-0,68	30,7-32,4	26-36	16-22
Integrity CS USA	Ж	10-16	5,4-8	8,4-8,8	0,82-1,04	29,0-34,0	28-38	18-23
Укркокс	Ж	4-9	9,4-11,2	7,2-10,5	1,68-2,26	32,3-32,5	23-27	19-24
Київська	Ж	7-13	10,2-13,4	7,0-8,1	1,91-2,35	30,4-32,4	2-12	23-28
Північна	К	20-27	7,5-14	7,6-9,3	0,38-0,47	23-24,2	35-42	14-17
Вдала	К	4-10	7,7-11,8	8,1-8,9	0,74-0,76	28,4-29,5	16-21	14-15
Укркокс	К	4-6	8,3-12,2	7,2-8,4	1,79-2,18	24,1-29,3	19-30	13-20
Узловська	К	3-10	9,2-12,7	5,7-6,8	1,78-1,95	22-24,4	18-21	14-15

Таблиця 2

Зміна петрографічних показників якості вугільних концентратів

Постачальник	Марка	Середній показник відбиття вітриніту $R_o$ , %	Петрографічний склад, %				
			вітриніт $V_t$	ліптиніт L	семівітриніт $S_v$	інертиніт I	$\Sigma OK$
Integrity CS USA	Ж	0,89-1,16	79-82	3-5		15-16	15-16
Eagle Blend USA	Ж	0,95-0,98	72-77	4-7		18-24	18-24
Печорська	2Ж	0,97-1	69-80	0-2		19-29	19-29
Integrity CS USA	Ж	0,99-1,15	77-82	3-4	0-4	14-19	14-19
Укркокс	Ж	1,03-1,07	89-91	2-3		6-9	6-9
Київська	Ж	1,09-1,1	88-93	1		6-11	6-11
Північна	К	1,12-1,16	43-52	0-5	1-5	47-52	48-55
Вдала	К	1,16-1,18	86-89	1-2		9-12	9-12
Укркокс	К	1,18-1,4	87-92	1-3	0-1	6-12	6-12
Узловська	К	1,43-1,49	92			8	8

Продовження табл. 2

Постачальник	Марка	Рефлектограма вітриніту, %							
		менше 0,5 Д	0,5-0,65 ДГ	0,66-0,89 Г	0,9-1,19 Ж	1,20-1,39 К	1,40-1,69 ПС	1,70-2,59 П	більше 2,6 А
Integrity CS USA	Ж		0,3-1,7	12,0-54,7	32,1-85,3	0,3-22,6	0-19,2	0-3,1	
Eagle Blend USA	Ж		3,7	19,3	87				
Печорська	2Ж		0,6-1	8,0-14	84,4-91	0,3-3,6	0,3-1		
Integrity CS USA	Ж		0-0,3	9,6-24,4	36,4-88,4	0,6-19,8	0,0-15,7	0,0-3,7	
Укркокс	Ж		2,4-2,6	0,3-20,3	69-99,4	0,3-11,7	0,6		
Київська	Ж			0-0,3	94,7-96	4,0-5			
Північна	К			0,3-0,7	74,1-87,7	12,3-25,6	0,3-1,7		
Вдала	К			0-0,3	62,0-66,0				
Укркокс	К	0-0,7	0,3-3,7	0,3-19,6	26,6-64,6	6,8-30	0,3-49,4	2,9-13	1-11,3
Узловська	К			0,7-1,6	0,6-10,5	33,7-43,7	37,7-55,8	8,9-9,3	0,3-1

Таблиця 3

Показники якості відібраних проб шихти

№ проби	Товщина пластичного шару, у, мм	Технічний аналіз, %				Насипна густина, т/м <sup>3</sup>	Гранулометричний склад шихти, %				
		W <sub>t</sub> <sup>r</sup>	A <sup>d</sup>	S <sub>t</sub> <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>		+6 мм	6-3 мм	3-0,5 мм	-0,5 мм	0-3 мм
1	17	10,9	9,7	0,97	28,9	0,800	4,83	9,52	43,03	42,62	85,65
2	18	10,5	8,9	0,90	28,3	0,777	5,98	8,52	38,68	46,82	85,50
3	16	11,4	9,1	0,91	28,7	0,774	4,39	8,54	51,29	35,78	87,07
4	16	11,4	8,9	0,93	28,5	0,783	5,83	8,38	39,72	46,07	85,79
5	17	10,8	9,2	0,97	29,1	0,795	5,07	10,19	51,67	33,07	84,74
6	15	10,5	8,7	0,95	28,3	0,786	4,11	10,41	47,39	38,09	85,48

Продовження таблиці 3

№ проби	Середній показник відбиття вітриніту R <sub>0</sub> , %	Петрографічний склад, %					Рефлектограма вітриніту, %						
		вітриніт V <sub>t</sub>	ліптиніт L	семівітриніт S <sub>v</sub>	інертиніт I	ΣОК	0,5-0,65 ДГ	0,66-0,89 Г	0,9-1,19 Ж	1,20-1,39 К	1,40-1,69 ПС	1,70-2,59 П	більше 2,6 А
1	1,09	70	2	1	27	28		10	69	16	3	2	
2	1,09	68	1	2	29	31	1	10	72	11	6	1	1
3	1,10	63	2	1	34	35	1	8	70	14	5	2	
4	1,10	65	3		32	32		9	70	13	6	2	
5	1,09	67	2		31	31		12	71	11	4	2	
6	1,09	66	3	1	30	31		12	65	17	4	2	

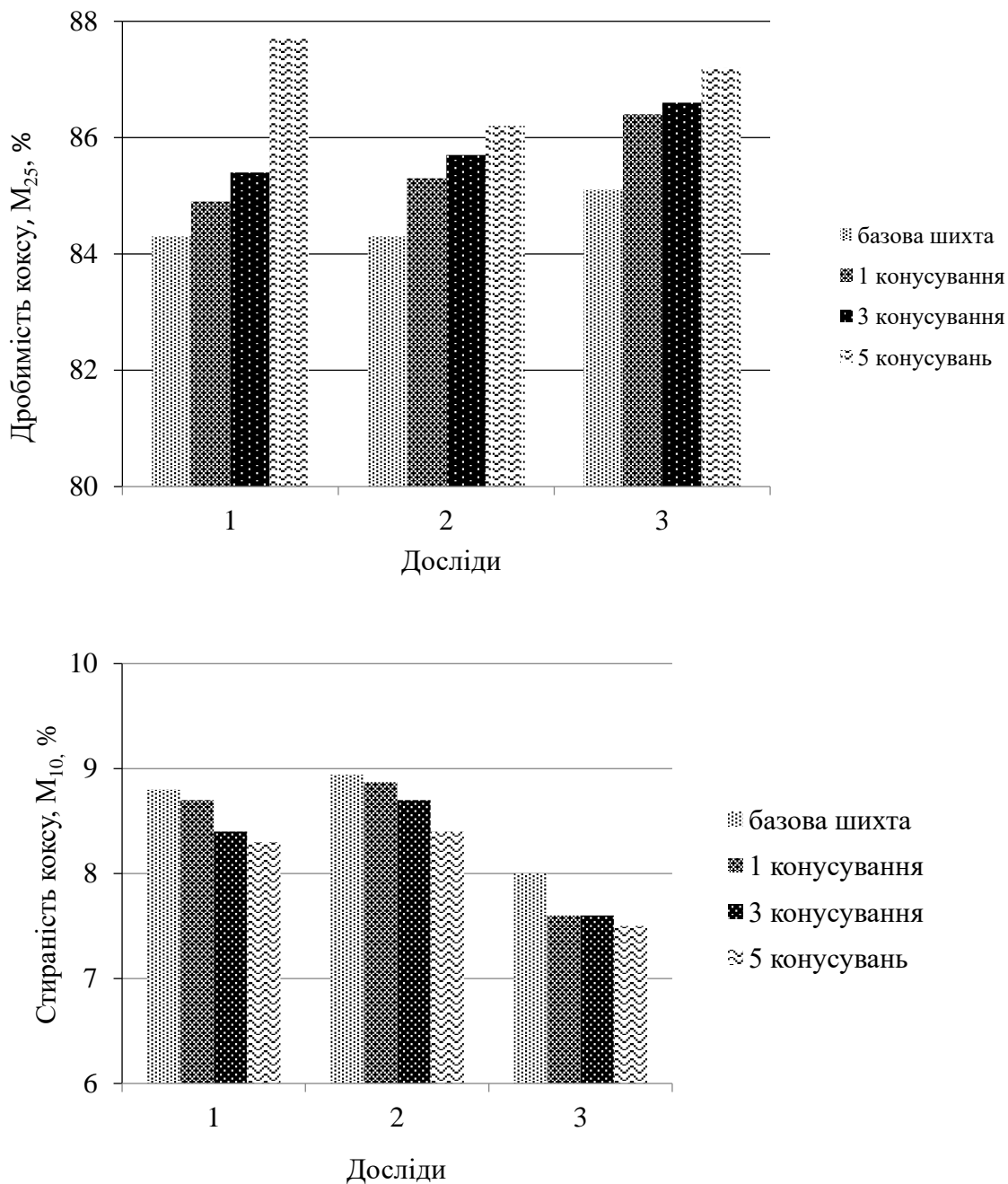


Рис. 2 – Зміна дробимості та стираності в залежності від ступеню однорідності шихти

На коксохімічних підприємствах в різний час застосовували тарілчасті, лопатеві, бичові, шнекові, дезінтеграторні машини і машини організованого змішування шихти.

Для досягнення ефективного змішування компонентів шихти у виробничих умовах пропонується використовувати змішувачі роторного типу, конструкція якого наведена на рис. 3 і 4.

Роторний змішувач встановлюють над стрічковим конвеєром так, що його ротори вписуються в поперечний переріз, який утворюється жолобчатою стрічкою та лопатями роторів.

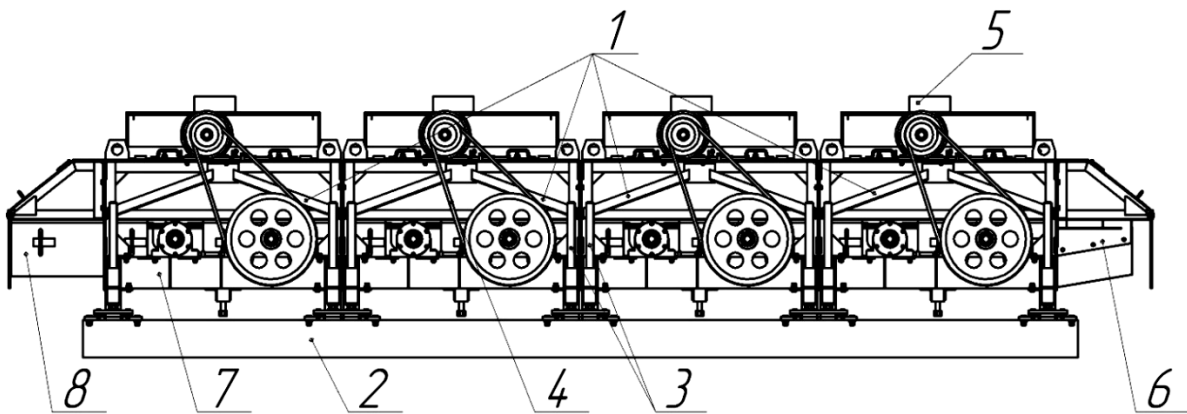


Рис. 3 – Змішувач роторний 4-х секційний: 1 – секції змішувача, 2 – опора, 3 – регулюючі гвинти, 4 – клиноремінна передача, 5 – електродвигун, 6, 8 – козирки з відбійниками, 7 – ущільнювач

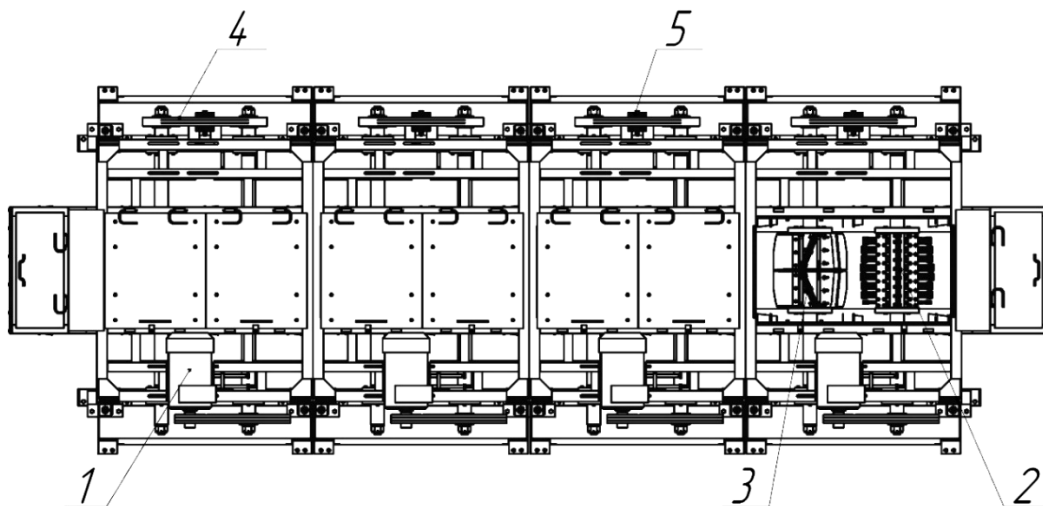


Рис. 4 – Змішувач роторний 4-х секційний (вид зверху): 1 – електродвигун, 2 – тросовий ротор, 3 – лопатевий ротор, 4 – клиноремінна передача, 5 – натяжний ролик

При переміщенні вугільних концентратів по стрічці вони піддаються дії лопатей роторів та змішуються.

Ротор (рис. 5, 6) – змішуючий орган. В одній секції змішувача розташовано два види роторів: один – з лопатями з конвеєрної стрічки, інший – з лопатями з тросів. Ротори обертаються в одну сторону за ходом руху вугільної шихти.

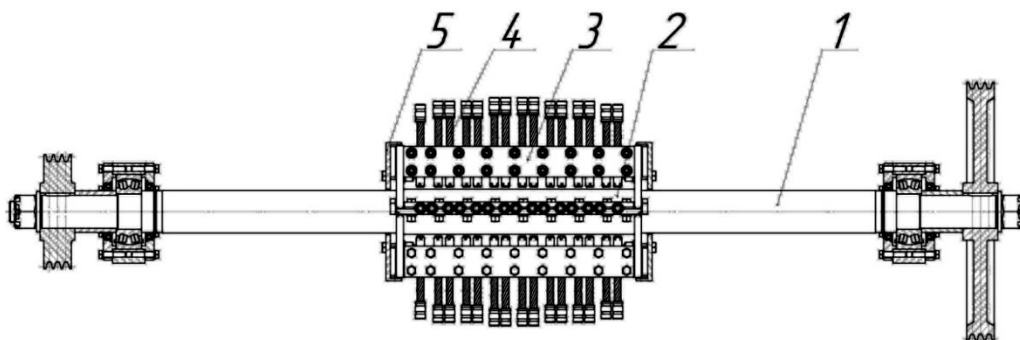


Рис. 5 – Тросовий ротор змішувача: 1 – вал, 2 – барабан, 3 – лопаті, 4 – тросові елементи, 5 – фіксатор

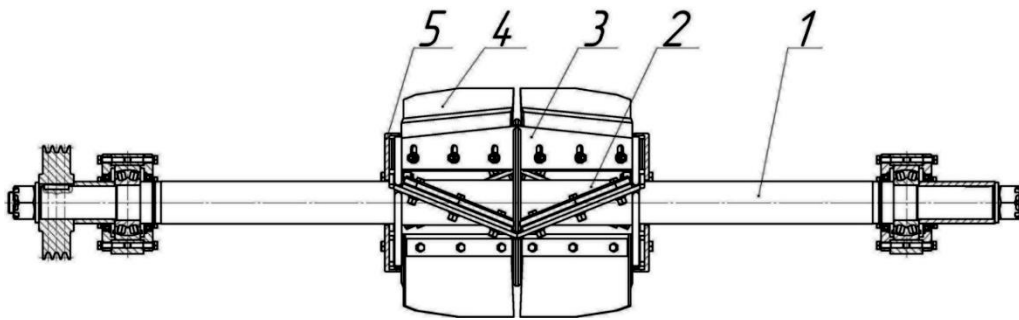


Рис. 6 – Лопатевий ротор змішувача: 1 – вал, 2 – барабан, 3 – лопаті, 4 – гнучкі лопатеві елементи, 5 – фіксатор

Технічна характеристика змішувача наведена в таблиці 4. За результатами досліджень роботи змішувача встановлено, що його застосування забезпечує ступінь змішування 98% за всіма показниками якості вугільної шихти (технічний аналіз, гранулометричний склад, насипна густина та петрографічні показники). Наведена конструкція змішувача також може бути застосована для рівномірного розподілення добавки хлориду магнію при профілактичній обробці вугільної сировини для збереження її сипкості в зимовий період при транспортуванні [12].

Таблиця 4

Технічні дані змішувача СР-2-520х1,0

Ширина стрічки конвеєра, мм	1000
Число секцій, шт.	2
Діаметр ротора, мм	520
Частота обертання роторів, об/хв	250
Довжина роликів горизонтальної ролюкоопори, мм	410
Кут нахилу конвеєра, град	0
Номінальна потужність, кВт, (потужність одного електродвигуна, кВт та кількість електродвигунів)	15 (7,5 x 2)

Таблиця 5

Коефіцієнти рівномірності показників якості дослідних шихт

Номер проби	Без змішувача				З працюючим змішувачем			
	W, %	A <sup>d</sup> , %	S <sup>d</sup> , %	V <sup>daf</sup> , %	W, %	A <sup>d</sup> , %	S <sup>d</sup> , %	V <sup>daf</sup> , %
1	10,9	8,9	1,45	31,8	10,8	9,2	0,97	28,9
2	10,5	8,7	1,50	31,5	10,6	8,9	0,9	28,3
3	11,4	8,6	1,41	30,5	10,8	9,1	0,92	28,5
4	11,4	8,1	1,30	30,8	10,9	8,9	0,93	28,3
5	10,8	8,0	1,26	29,9	10,8	9,2	0,96	28,9
6	10,5	9,1	1,51	31,7	10,6	8,9	0,96	28,3
Середнє значення	10,9	9,1	0,94	28,63	10,7	9,0	0,94	28,53
Дисперсія	0,166	0,1227	0,0009	0,1067	0,015	0,0227	0,00082	0,0867
Середньокв. відхилення	0,407	0,349	0,03	0,326	0,122	0,15	0,028	0,294

Як можна бачити з даних таблиці 5, при застосуванні змішувача для додаткової гомогенізації вугільної шихти стабільність показників її якості підвищується.

### Висновки

Однією з важливих операцій при підготовці шихти до коксування, яка забезпечує постійність якості коксу, однорідність його структури, фізико-механічні властивості, є змішування компонентів вугільних шихт.



При вирішенні питань вдосконалення технології підготовки твердих горючих копалин до термічної переробки організація ефективного змішування набуває особливої актуальності в сучасних умовах, які характеризуються формуванням багатобасейнової бази коксування та неритмічності поставок вугільної сировини.

Треба зазначити, що найменший ефект від застосування змішувальних агрегатів досягається при схемі підготовки шихти ДШ (дроблення шихти), що передбачає подрібнення всіх компонентів в одній дробарці, в якій додатково здійснюється їх перемішування.

Використання змішувальних машин є обов'язковим при використанні схем остаточного подрібнення ДК (дроблення компонентів) та ГДК (групове дроблення компонентів), які забезпечують подрібнення компонентів та сумісне подрібнення груп вугілля різних марок в окремих дробильних агрегатах.

Досліджуючи вплив ступеню однорідності вугільної шихти на фізико-механічні властивості коксу встановили, що підвищення гомогенності шихти обумовлює підвищення дробимості за показником  $M_{25}$  на 2-4%, при цьому стиранність за  $M_{10}$  зменшилась на 0,5%.

#### Перелік використаних джерел:

1. Changes in granulometric composition of blast-furnace coke / V.P. Lyalyuk, E.O. Shmeltser, I.A. Lyakhova, D.A. Kassim, A.K. Tarakanov, P.I. Otorvin // *Coke and Chemistry*. – 2013. – Vol. 56, №12. – Pp. 456-460.
2. Influence of the properties raw coal materials and coking technology on the granulometric composition of coke. Message 1. Analysis of changes in particle size distribution of coke on the example of the coke plant in Krivyi Rig / V.P. Lyalyuk, D.A. Kassim, E.O. Shmeltser, I.A. Lyakhova // *Petroleum and coal*. – 2020. – Vol. 62(1). – Pp. 173-177.
3. Gulyaev V.M. Uniformity of coal batch and coke quality / V.M. Gulyaev, V.D. Barskii // *Coke and Chemistry*. – 2013. – Vol. 56. – Pp. 242-247. – Mode of access: <https://doi.org/10.3103/S1068364X13070041>.
4. ДСТУ 4096-2002. Вугілля буре, кам'яне, антрацити, горючі сланці та вугільні брикети. Методи відбору та підготовки проб до лабораторних випробувань. – Введ. 2003–01–01. – К. : Держстандарт України, 2002. – 34 с.
5. The using of coal blends with an increased content of coals of the middle stage of metamorphism for the production of the blast-furnace coke. Message 1. Preparation of coal blends / E.O. Shmeltser, V.P. Lyalyuk, V.P. Sokolova, D.V. Miroshnichenko // *Petroleum and coal*. – 2018. – Vol. 60(4). – Pp. 605-611.
6. The using of coal blends with an increased content of coals of the middle stage of metamorphism for the production of the blast-furnace coke. Message 2. Assessment of coke quality / E.O. Shmeltser, V.P. Lyalyuk, V.P. Sokolova, D.V. Miroshnichenko // *Petroleum and coal*. – 2019. – Vol. 61(1). – Pp. 52-57.
7. Influence of the properties raw coal materials and coking technology on the granulometric composition of coke. Message 2. Granulometric composition of the coke as a function of the coal batch properties / V.P. Lyalyuk, D.A. Kassim, E.O. Shmeltser, I.A. Lyakhova // *Petroleum and coal*. – 2020. – Vol. 62(1). – Pp. 309-315.
8. Мениович Б.И. Повышение эффективности процесса слоевого коксования / Б.И. Мениович, С.И. Пинчук, А.Г. Дюканов. – К. : Техніка, 1985. – 230 с.
9. Improving the technology of preparing coal for the production of blast-furnace coke under the conditions of multi-basin raw material base. Message 3. Influence of the moisture content of coal batch on the physicommechanical characteristics of the coke / V.P. Lyalyuk, D.A. Kassim, E.O. Shmeltser, I.A. Lyakhova // *Petroleum and coal*. – 2019. – Vol. 61(2). – Pp. 433-441.
10. Investigation of possible losses of coal raw materials during its technological preparation for coking. Message 1. The actual mass variation of coal in the process of its defrosting / D.I. Drozdник, D.V. Miroshnichenko, E.O. Shmeltser, M.V. Kormer, S.V. Pyshyev // *Petroleum and coal*. – 2019. – Vol. 61(3). – Pp.537-545
11. Investigation of possible losses of coal raw materials during its technological preparation for coking. Message 2. The actual mass variation of coal in the process of its storage and crushing / D.I. Drozdник, D.V. Miroshnichenko, E.O. Shmeltser, M.V. Kormer, S.V. Pyshyev // *Petroleum and*

coal. –2019. – Vol. 61(3). – Pp. 631- 637.

12. Transportation of Coal Concentrates at Negative Ambient Temperatures / A.D. Uchitel, M.V. Kormer, V.P. Lyalyuk, E.O. Shmeltser, Yu.I. Vititnev // *Coke and Chemistry*. – 2013. – Vol. 56(5). – Pp. 167-172.

#### References:

1. Lyalyuk V.P., Shmeltser E.O., Lyakhova I.A., Kassim D.A., Tarakanov A.K., Otorvin P.I. Changes in granulometric composition of blast-furnace coke. *Coke and Chemistry*, vol. 56, № 12, 2013, pp. 456-460.
2. Lyalyuk V.P., Kassim D.A., Shmeltser E.O., Lyakhova I.A. Influence of the properties raw coal materials and coking technology on the granulometric composition of coke. Message 1. Analysis of changes in particle size distribution of coke on the example of the coke plant in Kriviy Rig, *Petroleum and coal*, 2020, vol. 62(1), pp. 173-177.
3. Gulyaev V.M., Barskii V.D. Uniformity of coal batch and coke quality. *Coke and Chemistry*, 2013, vol. 56, pp. 242-247. doi: 10.3103/S1068364X13070041.
4. DSTU 4096-2002. *Vugillia bure, kam'iane, antratsiti, goriuchi slantsi ta vugil'ni briketi. Metodi vidboru ta pidgotovki prob do laboratornikh viprobuvan'* [State Standard 4096-2002. Brown coal, lignites, anthracite, combustible shale and coal briquettes. Methods of selection and preparation of samples for laboratory tests]. Kyiv, Derzhstandart Ukraïni, 2002. 34 p. (Ukr).
5. Shmeltser E.O., Lyalyuk V.P., Sokolova V.P., Miroshnichenko D.V. The using of coal blends with an increased content of coals of the middle stage of metamorphism for the production of the blast-furnace coke. Message 1. Preparation of coal blends. *Petroleum and coal*, 2018, vol. 60(4), pp. 605-611.
6. Shmeltser E.O., Lyalyuk V.P., Sokolova V.P., Miroshnichenko D.V. The using of coal blends with an increased content of coals of the middle stage of metamorphism for the production of the blast-furnace coke. Message 2. Assessment of coke quality. *Petroleum and coal*, 2019, vol. 61(1), pp. 52-57.
7. Lyalyuk V.P., Kassim D.A., Shmeltser E.O., Lyakhova I.A. Influence of the properties raw coal materials and coking technology on the granulometric composition of coke. Message 2. Granulometric composition of the coke as a function of the coal batch properties. *Petroleum and coal*, 2020, vol. 62(1), pp. 309-315.
8. Meniovich B.I., Pinchuk S.I., Dyukanov A.G. *Povysheniye effektivnosti protsessy sloyevogo koksovaniya* [Increasing the efficiency of the layered coking process]. Kyiv, Tekhnika Publ., 1985. 230 p. (Rus.)
9. Lyalyuk V.P., Kassim D.A., Shmeltser E.O., Lyakhova I.A. Improving the technology of preparing coal for the production of blast-furnace coke under the conditions of multi-basin raw material base. Message 3. Influence of the moisture content of coal batch on the physicomechanical characteristics of the coke. *Petroleum and coal*, 2019, vol. 61(2), pp. 433-441.
10. Drozdник D.I., Miroshnichenko D.V., Shmeltser E.O., Kormer M.V., Pyshyev S.V. Investigation of possible losses of coal raw materials during its technological preparation for coking. Message 1. The actual mass variation of coal in the process of its defrosting. *Petroleum and coal*, 2019, vol. 61(3), pp. 537-545.
11. Drozdник D.I., Miroshnichenko D.V., Shmeltser E.O., Kormer M.V., Pyshyev S.V. Investigation of possible losses of coal raw materials during its technological preparation for coking. Message 2. The actual mass variation of coal in the process of its storage and crushing. *Petroleum and coal*, 2019, vol. 61(3), pp. 631-637.
12. Uchitel A.D., Kormer M.V., Lyalyuk V.P., Shmeltser E.O., Vititnev Yu.I. Transportation of Coal Concentrates at Negative Ambient Temperatures. *Coke and Chemistry*, 2013, vol. 56(5), pp.167-172.

Рецензент: В.Й. Засельський  
д-р техн. наук, професор, ННТІ ДУЕТ

Стаття надійшла 15.09.2022