

УДК 552.574

Л.Ф. Бутузова, док.хім.наук, професор, **В.М. Шевкопляс**, канд.хім.наук, доцент, **В.О. Сафін**, канд.хім.наук, доцент, **А.О. Налівкіна**, **В.О. Кулакова**, **В.В. Ошовський**, канд.хім.наук, доцент, **Г.М. Бутузов**, канд.хім.наук, доцент (Донецький національний технічний університет)

МОЖЛИВОСТІ ОПТИМІЗАЦІЇ СТАНДАРТНОГО ПРОЦЕСУ НАПІВКОКСУВАННЯ НИЗЬКОМЕТАМОРФІЗОВАНОГО ВУГІЛЛЯ

У роботі вивчено процес напівкоксування відновленого вугілля марки Д в різних умовах. Отримані і досліджені рідкі продукти в стандартних та оптимізованих умовах, що визначені за допомогою дериватографічного аналізу та підтверджені шляхом проведення планованого експерименту.

Обґрунтована необхідність внесення змін до ДОСТ 3168-93. Доведено, що при проведенні випробування в оптимізованих умовах вихід первинної смоли збільшується в 1,5 рази. Дані структурно-групового аналізу рідких продуктів напівкоксування показали, що зменшення температури піролізу призводить до збагачення смол нейтральним маслом, яке в свою чергу містить у 8 разів більше парафіно-нафтової фракції.

Ключові слова: сірчисте вугілля; напівкоксування; дериватографія; первинні смоли; структурно-груповий склад

Вступ

Кількість сірки у вугіллі Донецького басейну коливається у дуже широких межах – від 0,5 до 9,3 % мас. Поклади вугілля, вміст сірки у яких перевищує 2,5 % мас., в середньому, становлять 70 % і можуть коливатися від 30 % (Червоноармійський район) до 85 % (Лисичанський район). Близько 47,5 % пластів коксівного вугілля мають вміст сірки до 2,5 % і тільки 4 шахти з 74, що добувають коксівне вугілля, розробляють низькосірчисті пласти [1].

Як відомо, споживання високосірчистого не коксівного вугілля призводить до забруднення довілля і викликає високотемпературну корозію обладнання [2-5]. В той же час низькосортне кам'яне вугілля з високим вмістом сірки та золи може бути сировиною для процесу напівкоксування. За масштабами виробництва, обсягом і різноманітністю виробленої продукції, напівкоксування займає одне з головних місць серед всіх процесів комплексної переробки твердого палива. Продукти напівкоксування – горючий газ, що використовується в якості палива з високою теплотою згоряння і сировини для органічного синтезу; смола, яка служить джерелом отримання моторних палив, розчинників і мономерів та напівкокс, який використовується в якості місцевого палива і добавки до шихти для коксування.

Мета роботи - удосконалення стандартного методу напівкоксування низькометаморфізованого вугілля шляхом його попереднього вивчення методом дериватографії та проведення планованого експерименту з наступним визначенням оптимальних умов отримання первинної смоли і вивчення її складу.

Експериментальна частина

Для експериментального дослідження було відібрано відновлене вугілля марки Д (шахта Трудовська, пласт К₈), характеристика якого наведена в таблиці 1. З результатів технічного та елементного аналізів (табл.1) випливає, що досліджуване вугілля має підвищений вміст сірки, зольність, вихід летких

речовин, великий вміст водню та відношення Н/С в порівнянні з ізометаморфним слабо відновленим вугіллям.

Це вугілля відноситься до не спікливого енергетичного вугілля, яке не використовується в коксохімічному виробництві, але при його спалюванні відбувається значний викид SO_2 . В той же час, з вугілля марки Д можна отримувати ряд цінних хімічних продуктів, а також облагороджене тверде та синтетичне рідке паливо.

Таблиця 1. Елементний і технічний аналіз досліджуваного вугілля, %

Вугілля, пласт	Тип	W^a	A^d	V^{daf}	C^{daf}	H^{daf}	S_t^d	Н/С атм.
Трудовська, К ₈	в	0,9	4,6	46,2	76,1	5,43	5,85	0,86

Дериватографічний аналіз вугілля проводили в дериватографі Q-1500Д системи Паулік - Паулік - Ердеї в платиновому тиглі з кришкою в атмосфері інертного газу аргону. Нагрівання наважки вугілля (500 мг) здійснювали до температури 950°C при швидкості нагріву - 10°C/хв. По аналізу кривих ДТГ і ТГ визначали температурні інтервали і температуру максимуму (T_{max}) ендоефекту на кривій ДТГ [6-8].

Термообробку проводили також з використанням лабораторного напівкоксування в реторті Фішера (ГОСТ 3168-93). Цей метод переробки твердого палива розглядається не тільки в якості постачальника вуглеводневої сировини, але і як одна з основних стадій у різних процесах піролізу.

Вихід первинної смоли (T_{sk}^{daf}), пірогенетичної води (W_{sk}^{daf}) та напівкоксуваного газу (C_{sk}^{daf}) у відсотках перераховували на суху беззолну масу.

Для визначення вмісту загальної сірки у вугіллі використовували метод Ешка [9].

Для розділення і аналізу рідких продуктів використовували екстракцію за методом Русчева [10] та хроматографію.

Структурно-груповий аналіз напівкоксуваної смоли проводили у екстракторі Грефе парами розчинника (6-8 год). Наважку вугілля (2-4 г) обробляли послідовно парами гексану, бензолу і ацетону до повного знебарвлення нової порції розчинника. Гексановий екстракт поділяли за схемою, що надана на рис. 1. Асфальтени визначали як нерозчинні у гексані, але розчинні в бензолі. Полярні сполуки отримали шляхом їх розчинення в ацетоні.

Хімічний аналіз рідких продуктів напівкоксування полягав у визначенні їх групового складу за схемою, представленою на рис. 1. Асфальтени виділяли як речовини, нерозчинні у гексані, але розчинні в бензолі. Розчинні у гексані масла (мальтени) обробляли 10%-ною H_2SO_4 , 13%-ною NaHCO_3 і 10%-ною NaOH для отримання органічних основ, карбонових кислот, фенолів і нейтральних масел. Нейтральні сполуки (нейтральні масла), що залишилися в гексановому екстракті, відокремлювали від розчинника дистиляцією з подальшою вакуумної сушкою [11].

Метод мікроколонкової хроматографії використовувався з метою розділення нейтральних масел на 3 фракції: парафіно-нафтену, ароматичну і полярну [12]. Хроматографію здійснювали на мікроколонці ($l=120$ мм, $d=10$ мм), заповненої скловатою і попередньо активованим силікагелем крупністю 0,2–0,5 мм. У якості елюентів використовували гексан, бензол, бензол + ацетон.

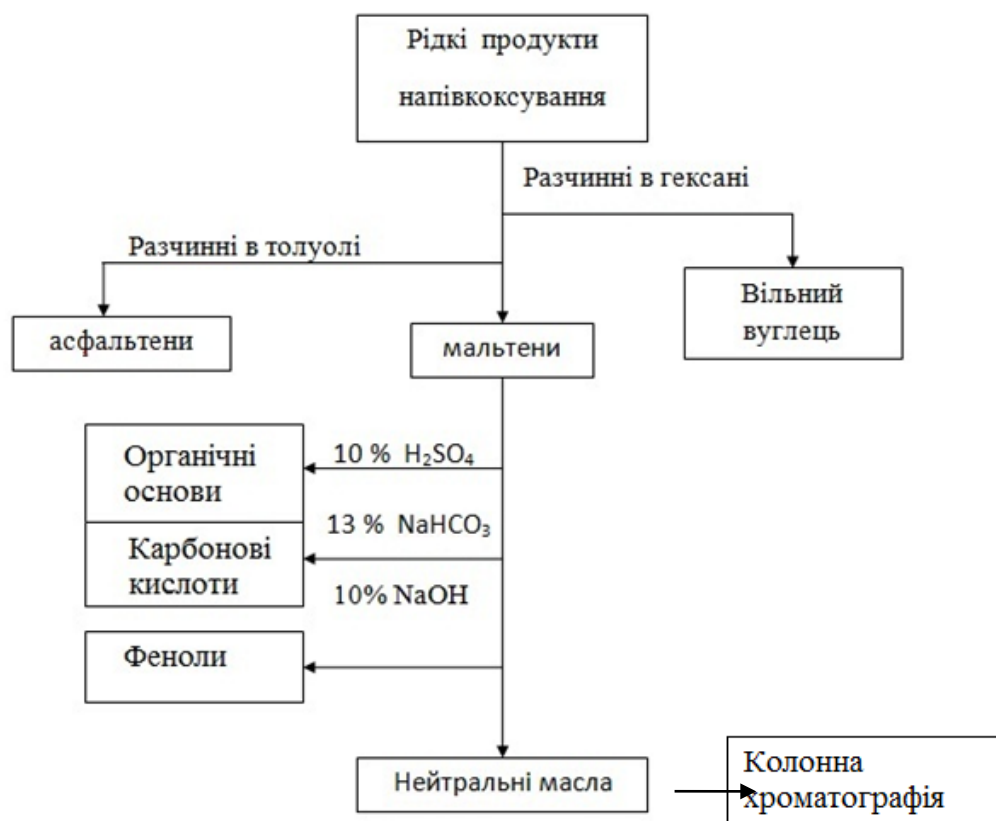


Рис. 1. Схема проведення структурно-групового аналізу

Результати та їх обговорення

По аналізу дериватограми визначили температуру максимуму основного термічного розкладання досліджуваного вугілля на кривій ДТГ – $T_{\text{макс}}$, що відповідає найбільшій швидкості втрати маси.

Дана температура є для кожного вугілля специфічною та відображає загальні закономірності перебігу термічних перетворень, а саме: спадна гілка ДТГ – це температурний інтервал, в якому протікають переважно реакції деструкції, а висхідна гілка характеризує домінування реакцій конденсації.

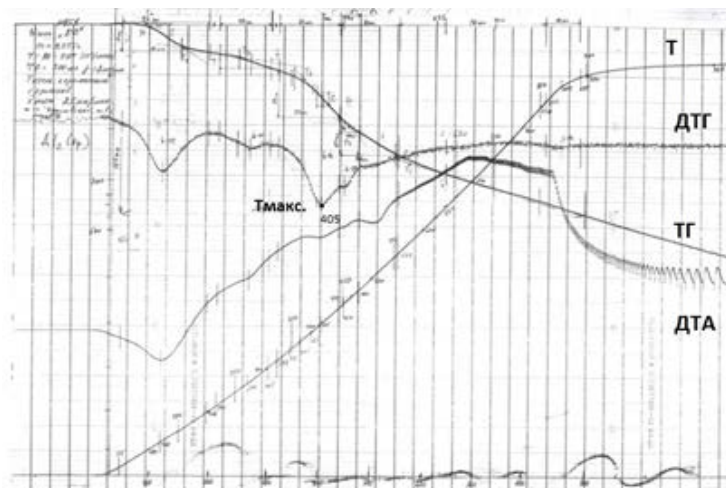


Рис. 2. Дериватограма досліджуваного вугілля

Таким чином, $T_{\text{макс}}$ є тією характеристичною температурною точкою, яка може дати об'єктивну інформацію про структуру вугілля.

З рис. 2 видно що для досліджуваного вугілля $T_{\text{макс}} = 405$ °С. У разі проведення піролізу при цій температурі спостерігається різке збільшення виходу смоли піролізу при зниженні загального ступеня конверсії вугілля в парогазові продукти (табл. 2).

Таблиця 2. Вихід продуктів напівкоксування при $T_{\text{макс}}$ і $T=520$ °С, % daf

№ до-сл.	Середня швидкість нагріву, °С /хв	Темпе-ратура, °С	Наважка, г	Вихід продуктів напівкоксування, мас. %			
				Напівкокс	Смола	Газ	Вода
1	6,5	520	30	60	8,3	15,7	16,0
2	6,5	520	30	59,3	10,3	17,8	12,6
3	6,5	405	30	65	11,33	13,34	10,33
4	16,3	405	30	67	14,76	8,24	10

Напівкокс є основним продуктом піролізу, вихід якого становить більше 60% від органічної маси вугілля. Твердий залишок, отриманий з довгополум'яного вугілля типу в, являє собою сплавлений корольок.

Основні характеристики отриманого напівкоксу представлені в табл. 3.

Таблиця 3. Елементний і технічний аналіз отриманого напівкоксу

№	Марка	Тип	A^d	V^{daf}	S^d_t	S^d_p	S^d_s	C^{daf}	H^{daf}	S_o^{daf}	$(O+N)_{daf}$
1,2	Д	в	7,3	12,6	2,90	0,18	0,01	85,3	3,36	2,92	8,44

Вихід вільного вуглецю і мальтенів, розчинних у гексані, значно нижче в стандартних умовах напівкоксування в порівнянні з виходом цих продуктів в оптимізованих (за даними дериватографії) умовах, а вихід асфальтенів, що утворюються з "нерозчинної" матриці макромолекул вугілля, відповідно вище (табл. 4).

Таблиця 4. Структурно-груповий склад напівкоксолової смоли, мас.%

№ дос-ліду	Нейтральне масло	Кислоти	Феноли	Основи	Асфаль-тени	Вільний вуглець	Втрати
1	17	0,35	4,65	0,46	37,9	18,68	21
2							
3	37	0,39	5,74	0,53	22,4	23,60	10,34
4							

Отже, структурна група асфальтенів, що утворюються в стандартних умовах, занадто велика, щоб розчинитися в зазначеному розчиннику. При цьому екстракти, отримані в оптимізованих умовах, характеризуються вищим вмістом основ і фенолів.

Зниження температури піролізу не тільки сприяє збільшенню виходу смоли, але призводить до її збагачення нейтральним маслом. Вихід нейтрального масла збільшується в 2 рази, яке в свою чергу містить у 8 разів

більше парафіно-нафтової фракції порівняно зі смолою стандартного напівкоксування (табл. 5).

Таблиця 5. Фракційний склад нейтрального масла первинної смоли, мас.%

№ досліджу	Парафіно-нафтова фракція	Ароматична фракція	Полярна фракція+втрати
1	5,75	41,03	53,22
2			
3	46,21	36,43	17,36
4			

Отримані дані показують, що рідкі продукти напівкоксування представляють собою складну гетерогенну суміш різних сполук. Співвідношення окремих компонентів залежить як від температури піролізу, так і від швидкості нагріву. Швидкість нагріву є важливим технологічним фактором. При більш інтенсивному підведенні тепла збільшується вихід смоли. Це відповідає уявленням о закономірностях термодеструкції твердих копалин.

Порівнявши результати структурно-групового аналізу, можна зробити висновок, що смола, отримана при $T_{\text{макс}}$ за складом є більш цінною сировиною для отримання синтетичного рідкого палива в порівнянні зі смолою, отриманою за ДОСТ, тому що містить більше нейтрального масла, збагаченого парафіно-нафтовыми сполуками.

Розробка математичної моделі процесу напівкоксування

Пошук оптимальних умов процесу напівкоксування проводився паралельно шляхом проведення планованого експерименту типу $n=2^2$. Метою цього дослідження було знайти таку комбінацію впливових факторів – температури та часу проведення напівкоксування, щоб з вугілля виділилась якомога більша кількість первинної смоли.

Дані планованого експерименту представлені в табл. 6.

Реалізація експерименту проводилась з використанням середовища програмування STATGRAPHICS plus 5.0, яке дозволяє сформулювати критерій оптимальності плану експерименту, підібрати найкращий план, організувати збір і обробку потрібної інформації.

Аналіз експериментальних даних за допомогою стандартизованої Парето-карти (рис. 3) показує, що як температура процесу (X1), так і його тривалість мають статистично значущі ефекти, оскільки відповідні стовпці перетинають вертикальну лінію, яка являє собою 95% тест задля визначення значущості.

Таблиця 6. Дані для планованого експерименту

Незалежний фактор	Позначення	Одиниця виміру	рівень			крок
			-1	0	+1	
Температура процесу	X1	°C	405	462	520	57
Тривалість напівкоксування	X2	хв	40	60	80	75
План-матриця повного факторного експерименту						
		t	τ	X1	X2	%
1		520	80	+1	+1	8,3
2		405	40	-1	+1	14,76
3		520	40	-1	-1	11,6
4		405	80	+1	-1	11,3
5		465	60	0	0,25	11
6		465	60	0	0,25	11

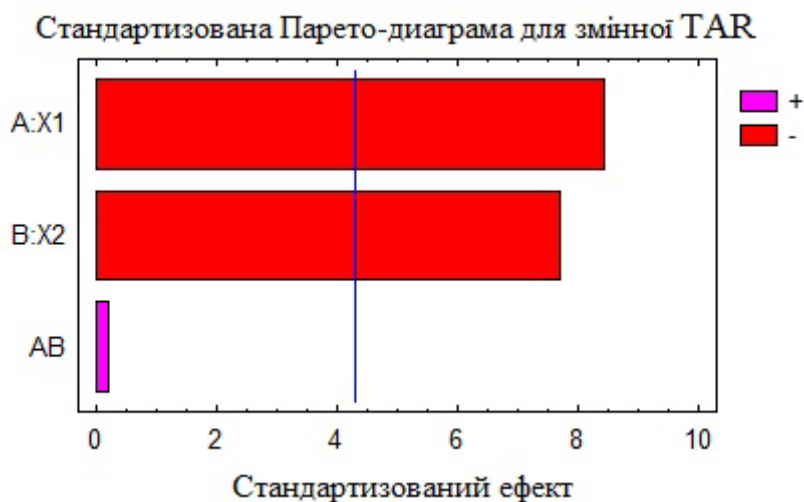


Рис. 3. Стандартизована Парето-діаграма для змінної TAR

Статистична величина R (коефіцієнт лінійної регресії) дорівнює 98,4926%, що показує значну інтенсивність впливу факторів на результативний показник.

Метою другого етапу експерименту було локалізувати область значень факторів, у якій вихід первинної смоли є максимальним. Найкраще для цього підходить графік поверхні відгуку, з натуральними значеннями змінних (рис. 4):



Рис. 4. Графік поверхні відгуку

Рівняння регресії у кодованій формі має вигляд:

$$TAR = 11,3267 - 1,69 \cdot X1 - 1,54 \cdot X2 + 0,04 \cdot X1 \cdot X2 \quad (1)$$

Рівняння регресії в натуральній формі:

$$TAR = 29,7488 - 0,0288696 \cdot X1 - 0,100587 \cdot X2 + 0,0000347826 \cdot X1 \cdot X2 \quad (2)$$

З рівняння регресії видно, що фактор X1 впливає у бік збільшення, а фактор X2 – зменшення величини TAR, та судячи з коефіцієнтів рівняння регресії у кодованій формі цей вплив практично однаковий.

Контури оцінки поверхні відгуку з натуральними величинами зображено

на рис. 5:

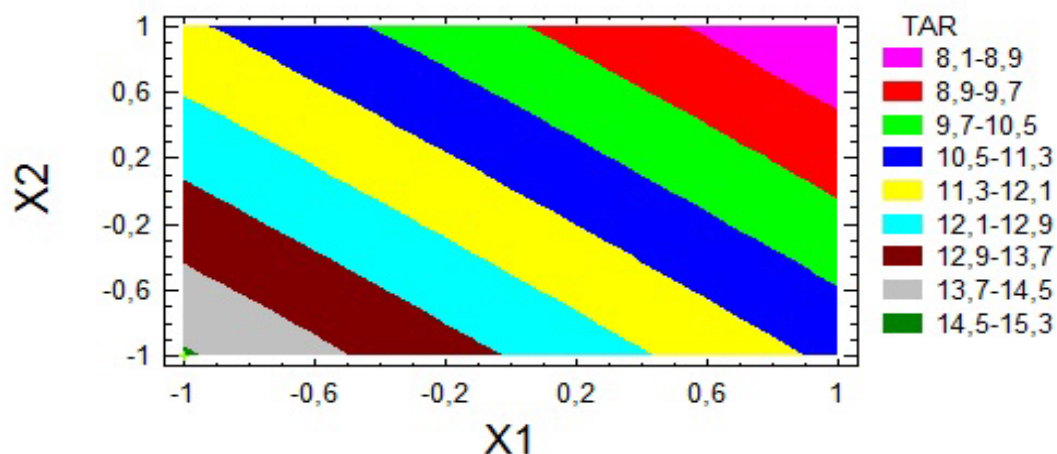


Рис. 5. Контури оцінки поверхні відгуку

Оцінку результатів для виходу смоли надано у табл. 7.

Таблиця 7. Оцінка результатів для виходу смоли

Номер досліджу	Спостережувані значення	Встановлені значення	Різниця (залишок)
1	2	3	4
1	11,6	11,4367	0,1633
2	8,3	8,13667	0,16333
3	11,3	11,1367	0,1633
4	14,76	14,5967	0,1633
5	11,00	11,3267	-0,3267
6	11,00	11,3267	-0,3267

Графік TAR

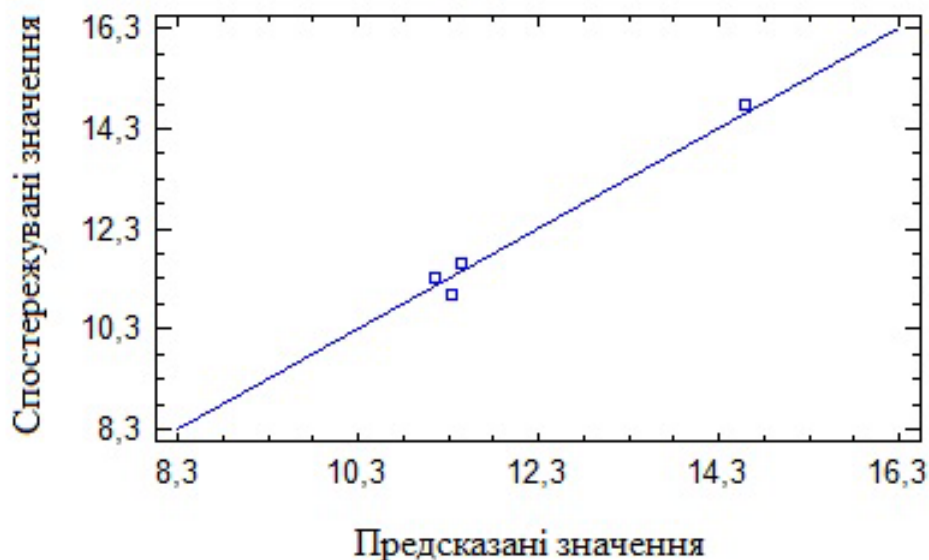


Рис. 6. Графік, що показує співпадання розрахованих та експериментальних даних
З рис. 6 видно, що дана модель є адекватною – на це вказують точки, що

майже лежать на прямій. Тобто розраховані значення виходу смоли практично співпадають із передбаченими.

Знайдено оптимальне значення $TAR=14,5967$ (згідно з тим, що вихід смоли повинен бути якомога більшим). В табл. 8 вказано комбінації рівнів факторів, які оптимізують вихід смоли в зазначеній області. Оптимальні значення факторів, що впливають на процес, вказано в кодованій і натуральній формі.

Таблиця 8. Оптимальні значення температури і тривалості процесу напівкоксування

Фактор	Найнижче значення		Найвище значення		Оптимум	
	Кодована форма	Натуральна форма	Кодована форма	Натуральна форма	Кодована форма	Натуральна форма
X1	-1,0	405	1,0	520	-1,0	405
X2	-1,0	40	1,0	80	-1,0	40

Похибка експерименту, проведеного при оптимальних умовах, визначена шляхом порівняння результатів, одержаних з використанням формули 3 з практично отриманими.

$$TAR = 29,7488 - 0,0288696 \cdot 405 - 0,100587 \cdot 40 + 0,0000347826 \cdot 405 \cdot 40 = 14,59;$$

$$\delta = \frac{\Delta}{X_u} \cdot 100 \% ; \quad (3)$$

$$\delta = \frac{14,76 - 14,59}{14,76} \cdot 100 \% = 1,15 \%$$

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії та адекватності лінійної моделі показала, що математична модель дійсно описує поведінку об'єкта, тому її можна використовувати для подальших розрахунків.

Висновки

1. У роботі запропоновано новий підхід до оцінки термічної стійкості ТПК, заснований на отриманні та дослідженні первинних продуктів піролізу, отриманих при температурі максимуму ендоефекту – $T_{\text{макс}}$, яка визначена методом дериватографії. Запропоновані оптимальні умови напівкоксування довгополумєнового вугілля, які підтверджені шляхом проведення планованого експерименту.

2. Доведено, що при проведенні випробування в оптимізованих умовах, вихід первинної смоли збільшується в 1,5 рази. При цьому зниження температури піролізу сприяє збагаченню смоли нейтральним маслом, яке в свою чергу містить у 8 разів більше парафіно-нафтенної фракції в порівнянні зі смолою стандартного напівкоксування.

3. На прикладі високосірчистого донецького вугілля марки Д показано, що його піроліз в оптимальних умовах дозволяє:

– здешевити процес напівкоксування, тобто знизити у 2 рази витрату електроенергії (витрати на стандартне напівкоксування складають 4,02 грн, витрати на оптимальне напівкоксування – 2,14 грн);

– отримати цінні продукти, що забезпечують прибуток підприємству від продаж товарної продукції.

Список використаної літератури

1. Щадова В.М. Комплексная переработка углей и повышение эффективности их использования. Каталог-справочник / В.М. Щадова. — М.: НТК «Трек», 2007. — 292 с.
2. Энштейн С. А. Вещественный состав и реакционная способность витринитов каменных углей разной степени восстановленности [Текст] / С. А. Энштейн, О. И. Супруненко, О. В. Барабанова // Химия твердого топлива. — 2005. — № 1. — С. 22–35.
3. Огаренко Ю. Проблемы вугільної промисловості України та викиди парникових газів від видобутку й споживання вугілля [Текст] / Юлія Огаренко. — Київ: Національний екологічний центр України, 2010. — 51 с.
4. Михайлов В.А. Горючі корисні копалини України / В. А. Михайлов. — Київ: «КНТ», 2009. — 377 с.
5. Слупський Б. В. Екологічна безпека як складова енергетичної безпеки: дії міжнародної спільноти й України [Текст] / Б. В. Слупський // Стратегічні пріоритети. — 2009. — №2 (11). — С. 33–39.
6. Шевкопляс В. М., Галушко Л.Я. Спосіб визначення виходу продуктів піролізу з вугілля. Патент 68874 А Україна // Промислова власність. — 2004. — № 8. — С. 126.
7. Шевкопляс В.Н. Новый показатель для оценки качества углей [Текст] / В.Н. Шевкопляс, С.Н. Лящук, Л.Ф. Бутузова // Химия твердого топлива. — 2006. — № 4. — С. 12–21.
8. Шевкопляс В.Н. Дериватографические исследования твердых топлив в интервале температур основного термического разложения [Текст] / В.Н. Шевкопляс, Л.Ф. Бутузова, С.Н. Лящук, Л.Я. Галушко // Вопросы химии и химической технологии. — 2007. — № 3. — С. 142–146.
9. Дрожжин И. В. Лаборант углехимической лаборатории [Текст] / И. В. Дрожжин. — М.: Углетехиздат, 1957. — 139 с.
10. Русчев Д. Руководство по лабораторным упражнениям по химической технологии твердого топлива и коксохимического производства / Д. Русчев, Е. Бекарова, Г. Шопов. — София: БАН, 1969. — 552 с.
11. Различие в составе смол полукоксования углей разных генетических типов. Бондаренко А.В., Сафин В.А., Турчанина О.Н. Сборник докладов 4-й Международной научной конференции аспирантов и студентов «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». — Донецк: ДонНТУ, 12-14 апреля 2005 г. — С. 144.
12. Дейл З. Жидкостная колоночная хроматография / З. Дейл, К. Мащека, Я. Янака. Пер. с англ, (в 3-х томах). — М.: Мир, 1978. — 256 с.

Надійшла до редколегії 20.02.2014.

Л.Ф. Бутузова, В.М. Шевкопляс, В.О. Сафин, А. О. Наливкина, В.О. Кулакова, В.В. Ошовский, Г.Н. Бутузов ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СТАНДАРТНОГО ПРОЦЕССА ПОЛУКОКСОВАНИЯ НИЗКОМЕТАМОРФИЗОВАННОГО УГЛЯ

В работе изучен процесс полукоксования восстановленного угля марки Д в различных условиях. Получены и исследованы жидкие продукты в стандартных и оптимальных условиях с помощью дериватографического анализа и проведения планированного эксперимента.

Обоснована необходимость внесения изменений в ГОСТ 3168-93. Доказано, что при проведении исследований в оптимальных условиях выход первичной смолы увеличивается в 1,5 раза. Данные структурно-группового анализа жидких продуктов полукоксования показали, что уменьшение температуры пиролиза приводит к обогащению смол нейтральным маслом, которое, в свою очередь, содержит в 8 раз больше парафинонафтеновой фракции.

Ключевые слова: сернистый уголь, полукоксование, дериватография, первичные смолы, структурно-групповой состав.

L. Butuzova, V. Shevkoplyas, V. Safin, A. Nalivkina, V. Kulakova, V. Oshovskiy, G. Butuzov OPTIMIZATION CAPABILITIES OF THE STANDART SEMI-COKING PROCESS OF LOW-RANK COAL

In the present research work we studied the semi-coking process of coal grade D in the different conditions. The two-factor experiment was conducted to determine the optimum conditions of

production of a primary tar. In addition, the method of liquid chromatography, the structural-group and the thermogravimetric analyses were conducted to investigate the liquid products of pyrolysis obtained into the standard and the optimum conditions.

As a result, it was found that the maximum yield of primary tar and semi-coke was achieved at temperature the thermal decomposition of the principal chains of carbon ($T=405\text{ }^{\circ}\text{C}$). It is noticed that the yield of primary tar obtained from pyrolysis with optimum conditions was increased by 1, 5 times. It was confirmed that with the reduction of the pyrolysis temperature the content of paraffin and asphaltic fractions of primary tar will sharp increase by 8 times.

In this paper we determined a combination of two important factors in semi-coking process by means of the two-factor experiment: temperature and time of test. The good correlation coefficient indicates that the corresponding mathematic model fits the experimental data and describes behavior of sample very well.

Thus, into the optimum conditions the primary tar obtained from pyrolysis of coal grade D is more valuable chemical product than into the standard conditions.

Keywords: coal with the high sulfur content; semi-coking; thermogravimetric analysis; primary tar; structural-group composition.

Бутузова Людмила Федоровна – док.хим.наук, профессор, заведуюча кафедрой химической технологий топлива, ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина; e-mail: ludmila.lfb@yandex.ru

Шевкопляс Владимир Николаевич – канд.хим.наук, доцент, старший научный сотрудник отдела химии угля, Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко НАН Украины; e-mail: shevkoplyas@infou.donetsk.ua

Сафин Владимир Александрович – канд.хим.наук, доцент кафедры химической технологии топлива, ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина; e-mail: balodia@list.ru

Наливкина Анастасия Олеговна – магистр кафедры химической технологии топлива, ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина; e-mail: anastasiya300191@mail.ru

Кулакова Виктория Олеговна – аспирант кафедры химической технологии топлива, ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина; e-mail: grekalokul@yandex.ua

Ошовский Владимир Владимирович – канд.хим.наук, доцент кафедры химической технологии топлива, ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина; e-mail: vladosh2006@gmail.com

Бутузов Геннадий Николаевич – канд.хим.наук, доцент кафедры охраны труда и аэрологии, ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина; e-mail: ludmila.lfb@yandex.ru

УДК 666.325.2

Л.П. Шукіна, канд. тех. наук, **Л.О. Міхеєнко**, канд. тех. наук, **Г.В. Лісачук**, докт. тех. наук (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна), **І.В. Білан** (ТЗОВ «Плінфа», м. Харків, Україна), **Є.В. Колесник** (ПАТ «Завод «Червоний Жовтень», м. Харків, Україна)

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБІГАННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВЗАЄМОДІЙ ПРИ ВІДБІЛЮВАННІ ЦЕГЕЛЬНО-ЧЕРЕПИЧНИХ ГЛИН КАЛЬЦІЙВМІЩУЮЧИМИ ДОБАВКАМИ

В статті наведені результати теоретичних та експериментальних досліджень механізму висвітлюючої дії кальційвміщуючих добавок при їх використанні в комбінаціях з легкотопкими червоновипалювальними глинами різних мінеральних типів. Встановлені області оптимальних шихтових складів керамічних мас, з яких при температурі випалу $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ отримано керамічні матеріали світло-бежевого та білого кольорів. Надано рекомендації щодо покращення декоративних властивостей матеріалів.

Ключові слова: лицьова керамічна цегла; червоновипалювальні глини; вапняк; доломіт; гашене вапно; механізм відбілювання глини