

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра Металургійних технологій
Спеціальність 136 – Металургія
Форма навчання Денна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

КРАВЕЦЬ ЄГОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему Дослідження впливу кількості та гранулометричного складу твердого палива в аглошихті на технологічні показники спікання та металургійні характеристики агломерату з метою їх покращення

(повна назва теми)

за матеріалами металургійних підприємств України і Європи

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник д.т.н., професор
(наук. ступінь, вчене звання)


(підпис)

Кассім Д.О.
(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 12.06. 2025 р. № 12

Завідувач кафедри


(підпис)

д.т.н., професор
Наук. ступінь, вчене звання

Д.О. Кассім
Ініціали, прізвище

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра металургійних технологій

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 136 – Металургія
(шифр і назва)

Завідувач кафедри

ЗАТВЕРДЖУЮ


(підпис)

проф. Д.О. Кассім
(посада, вчене звання,
прізвище ініціали)

«04» квітня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ(КИ)

КРАВЦЮ ЄГОРУ ОЛЕКСАНДРОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра:

Дослідження впливу кількості та гранулометричного складу твердого палива в аглошихті на технологічні показники спікання та металургійні характеристики агломерату з метою їх покращення

керівник кваліфікаційної роботи Кассім Дар'я Олександрівна, д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» квітня 2025 № 240-ст

2. Строк подання кваліфікаційної роботи до кафедри 09.06.2025

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра: статті, патенти, промислові дослідження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Аналітична частина: проаналізувати сучасний стан теорії і технології спікання аглошихти з різною кількістю і крупністю твердого палива. Розглянути вплив кількості твердого палива в шихті на технологічні параметри спікання.







4.2 Основна частина: вивчити вплив виду, крупності та кількості твердих палив на металургійні характеристики агломерату. Визначити параметри, які забезпечують оптимальні показники спікання та металургійні характеристики агломерату.

4.3. Охорона праці: аналіз шкідливих і небезпечних факторів доменного цеху; розробка заходів щодо усунення шкідливих і небезпечних факторів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових

креслень): графічний матеріал повинен в повній мірі відповідати темі диплому та відобразити його суть та запропоновані проектні рішення

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналітична частина	Кассім Д.О., професор		
2 Основна частина	Кассім Д.О., професор		
3 Охорона праці	Кассім Д.О., професор		

7. Дата видачі завдання «04» квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	09.05.2025	
2.	Основна частина	16.05.2025	
3.	Охорона праці	23.05.2025	
4.	Оформлення пояснювальної записки	30.05.2025	
5.	Виконання графічної частини	07.06.2025	
6.	Подання роботи до кафедри	09.06.2025	
7.	Захист роботи в ЕК	19.06.2025	

Студент

Керівник випускної роботи






(підпис)

(підпис)

Кравець С.О.
(прізвище та ініціали)

Кассім Д.О.
(прізвище та ініціали)

ВІДОМІСТЬ кваліфікаційної роботи бакалавра
(назва випускної кваліфікаційної роботи)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	К-сть. лис- тів	№ екз	Примітка	
			<u>Документація загальна</u>				
1	A4		Пояснювальна записка	74			
			Слайди				
2	A4	ННТІ ДУЕТ.136.КРБ.01	Насипна маса та реакційна здатність деяких замінників коксового дріб'язку Технічний аналіз агломераційного палива	1			
3	A4	ННТІ ДУЕТ.136. КРБ.02	Термограми процесу агломерації з використанням коксового дріб'язку і антраци-ту	1			
4	A4	ННТІ ДУЕТ.136. КРБ.03	Вплив вмісту антрациту на показники спікання офлюсованого агломерату з магнетитового концентрату і бурого залізняка при постійному вмісті вуглецю в шихті 3,0 %	1			
5	A4	ННТІ ДУЕТ.136. КРБ.04	Зміна технологічних показників агломераційного процесу залежно від вмісту вуглецю в шихті і виду використовуваного палива	1			
6	A4	ННТІ ДУЕТ.136. КРБ.05	Вплив вмісту антрацитного штибу на показники агломераційного процесу при спіканні гранульованої шихти	1			
7	A4	ННТІ ДУЕТ.136. КРБ.06	Технологічні показники агломераційного процесу на вузькокласифікованому паливі	1			
8	A4	ННТІ ДУЕТ.136. КРБ.07	Зміна показників агломераційного процесу при відсіві із коксового дріб'язку класу 0-0,5 мм	1			
ННТІ ДУЕТ.136.ДП							
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив		Кравець Є.О.		07.06.25			
Керівник		Кассім Д.О.		09.06.25			
Н.контр.		Кассім Д.О.		09.06.25			
Затв.		Кассім Д.О.		09.06.25			
Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра					Літ.	Лист	Листів
					Д	Т	1
					ННТІ ДУЕТ каф. Металургійних технологій гр. МЧМ-21		

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: 69 ст., 9 рис., 28 табл., 21 джерело.

Об'єкт розробки: технологія агломераційного виробництва.

Мета роботи: підвищення якості агломерату, вибір ефективнішого виду твердого палива.

Метод дослідження та апаратура: теоретичне дослідження технологій агломераційного виробництва, літературний аналіз.

В даній дипломній роботі розглянуто вплив виду, кількості та крупність твердого палива агломерації на технологічні показники спікання, хімічний склад та металургійні характеристики агломерату.

Із розглянутих видів твердих палив як замітника коксового дріб'язку раціональним визначено впровадження технології агломерації з використанням антрацитового штибу.

По крупності суміші твердого палива в агломерації вважається задовільною фракція 1-3 мм, але при теперішньому положенні на комбінатах допускається фракція 0-5 мм при мінімальних відхиленнях від норми. Кількість палива повинна забезпечувати таку висоту зони горіння, щоб встигли утворитися рідкі фази в кількості, яка забезпечує міцну зв'язку кристалів.

Приведена технологія може використовуватися для виробництва агломерату, що існує на ВАТ «ПГЗК».

АГЛОМЕРАЦІЯ, АГЛОМЕРАТ, АГЛОМЕРАЦІЙНА ШИХТА, АНТРАЦИТОВИЙ ШТИБ, КОКСОВА ДРІБНИЦЯ, ТВЕРДЕ ПАЛИВО, ПРОДУКТИВНІСТЬ, СПІКАННЯ, АГЛОСТРІЧКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАТИНА	8
1.1 Агломерація залізняку з використанням антрациту	8
1.2 Агломерація залізняку з використанням кам'яного і бурого вугілля	12
1.3 Спікання залізородного агломерату з використанням коксу, отриманого в кільцевій печі	14
1.4 Використання в процесі агломерації буровугільного напівкоксу	16
1.5 Виробництво агломерату з використанням торф'яного коксу	18
1.6 Дослідження впливу крупності коксового дріб'язку на ефективність агломераційного процесу	20
1.7 Вплив крупності заміників коксового дріб'язку на технологічні показники процесу агломерації	24
Висновки по Аналітичній частині та постановка завдань дослідження	31
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	33
2.1 Вплив різної кількості антрациту та коксового дріб'язку в аглошихті на технологічні показники її спікання, хімічний склад та металургійні характеристики агломерату	33
Висновки по Основній частині	54
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	56
3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників агломераційного виробництва	56
3.2 Заходи по зниженню впливу небезпечних і шкідливих чинників	58
3.3 Пожежна безпека	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	68

ВСТУП

Сучасні масштаби агломерації призвели до створення постійної нестачі коксового дріб'язку. Створена нестача коксового дріб'язку в теперішній час частково перекривається антрацитовим штибом. Тому на зараз дуже актуальним є раціональний вибір величини та кількості твердого палива.

В світі випробовують різні замітники коксового дріб'язку: антрацитовий штиб, кам'яне та буре вугілля, викопне вугілля, буровугільний напівкокс, торф'яний кокс.

Актуальними проблемами агломераційного виробництва є вибір твердого палива, його величина та вплив на технологічні показники, хімічний склад та металургійні характеристики агломерату.

Рішенням цих проблем може бути часткова заміна коксового дріб'язку антрацитовим штибом, що не погіршує готову продукцію, та не впливає на продуктивність агломераційної машини.

В даній дипломній роботі розглядаються різні види твердого палива та пропонується часткова заміна коксового дріб'язку оптимальною кількістю антрацитового штибу. Впровадження цього метода дозволить значно зменшити витрати на більш дорогий коксовий дріб'язок та значно знизити собівартість продукції.

Використання антрациту при агломерації є актуальною темою в контексті підвищення ефективності металургійного виробництва, зокрема в процесі підготовки сировини для доменного виробництва.

Використання антрациту в агломераційній шихті – перспективний напрям, що дозволяє зменшити залежність від традиційного коксу та підвищити економічну ефективність процесу. Проте важливо забезпечити правильне дозування, розподіл фракцій та адаптацію режиму агломерації.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Джерелом тепла для забезпечення протікання процесу спікання агломераційної шихти є тверде паливо, в якості якого використовують відсів коксу 0-25 мм та антрацитовий штиб 0-15 мм.

Тверде паливо, яке використовується для спікання, повинно бути подрібнене до величини 0-3 мм. Величина палива повинна забезпечувати таку висоту зони горіння, щоб встигли утворитися рідкі фази в кількості, яка забезпечує міцне з'єднання кристалів.

В цій роботі розглянуто різні види палива, які використовуються в агломерації та проаналізовано, який розмір та яка кількість твердого палива найкраще впливає на хімічний склад та металургійні характеристики агломерату.

1.1 Агломерація залізняку з використанням антрациту

Одними з ранніх дослідів використання антрациту в агломерації залізняку були дослідження [1, 2], в ході яких разом із зменшенням газопроникності шару шихти в міру заміни коксового дріб'язку антрацитом, було збільшення продуктивності агрегату при використанні палива звичайної величини 0-3 мм. У подальших роботах [3-11] зазначено негативний вплив добавок антрациту до коксового дріб'язку на технічні показники агломераційного процесу.

Низька реакційна здатність антрациту зумовлює менш інтенсивну взаємодію паливних частинок з киснем повітря. Тому зона горіння виявляється розтягнутою по висоті і процеси утворення рідких фаз протікають сповільнено. Газопроникність виникаючого шару рідких продуктів мала, а висота його більша, ніж при роботі на коксовому дріб'язку. Це є причиною додаткового гальмування процесу. Зниження швидкості спікання і його температурного рівня впливає на показники якості спеку та продуктивність установки.

Вказані зміни процесу пов'язані також з тим, що антрацит займає в шихті об'єм в 1,3 рази менший, ніж коксовий дріб'язок [11]. Це приводить до роз'єднаності вогнищ горіння в шарі і зниження виходу придатного.

Для підвищення температурно-теплого рівня процесу і поліпшення якості спеку при роботі на антрациті підвищували витрати вуглецю на спікання в різних випадках від 13,5% [11] до 50% [8] від оптимального вмісту вуглецю в шихті при роботі на коксовому дріб'язку. При переході від коксового дріб'язку до антрацитного штибу зміна температурно-тимчасових показників процесу агломерації протікала таким чином, що ступінь розвитку відновних реакцій в спікаємому шарі, відображений вмістом закису заліза в агломераті, виявився приблизно однаковим. Мінералогічний аналіз агломератів в цьому випадку характеризувався деяким зниженням вмісту магнетиту і збільшенням частки силікатної зв'язки. Характерно, що низька горючість антрациту, а також підвищений вміст в ньому класу 0-0,5 мм привели до неповного використання палива в ході агломерації: кількість залишкового вуглецю в спеченому продукті склала 10 % від початкового вмісту його в шихті.

Відповідно до зміни вмісту закису заліза і силікатної зв'язки в спеченому продукті вихід придатного при роботі на використаних видах палива змінився мало. Таким чином, зміна продуктивності агломераційної установки при використанні антрацитного штибу замість коксового дріб'язку в основному визначалася зниженням швидкості спікання; збільшення вмісту антрациту в шихті не сприяло зростанню продуктивності установки на відмінність від результатів робіт [8, 10], в яких цими заходами зберегли продуктивність установки на рівні її роботи при використанні коксового дріб'язку.

Однією з причин позначеної невідповідності є різні умови проведення спікання, в першу чергу газодинамічні умови горіння палива в шарі: якщо в дослідях [8] шляхом якісного грудкування шихти забезпечувалася її висока газопроникність і швидкість спікання 22-24 мм/хв, то в дослідях [11] були гірші умови для горіння палива, збільшення витрат якого хоча і підвищувало вихід придатного, але не в такому ступені, щоб переkritи зниження швидкості спікання.

Таблиця 1.1

Результати лабораторних дослідів отримання залізородного агломерату з використанням коксового дріб'язку та антрациту

Показники якості палива і агломераційного процесу	Результати дослідів при використанні агломераційного палива величини, мм								
	Коксовий дріб'язок			Антрацит (насіння)			Антрацит (штиб)		
	0-6	0-3	0-0,05	0-6	0-3	0-0,05	0-6	0-3	0-0,05
Технічний аналіз палива, %: A^c S^c C^c <small>нелет</small>	16,54 0,88 81,36			11,50 1,30 85,30			13,65 1,57 83,35		
Вертикальна швидкість спікання, мм/хв.	-	28,6	-	-	26,0	-	-	26,0	-
Вміст FeO в агломераті, %	21,1	20,2	21,4	17,6	19,6	20,3	18,2	19,0	18,6
Вихід агломерату +25 мм, %	-	54,5	-	-	62,5	-	-	66,0	-
Питома продуктивність аглоустановки, т/(м ² · г)	1,36	1,60	1,54	1,13	1,75	1,28	1,55	1,80	1,37
Міцність агломерату (вихід дріб'язку 0-6 мм після руйнування), %	-	14,6	-	-	12,0	-	-	13,4	-

Таблиця 1.2

Технічний аналіз та ситовий склад агломераційного палива

Вид палива	Технічний аналіз, %				
	W_p	A_c	V_r	S_c	
Коксовий дріб'язок	10,44	12,6	1,78	1,82	
Антрацитний штиб	5,0	15,5	1,77	1,5	
Газове вугілля	8,6	9,5	32,3	0,6	
Вид палива	Вміст, %, клас, мм				
	>3	1,6-3	1-1,6	0,5-1	<0,5
Коксовий дріб'язок	-	25	25	25	25
Антрацитний штиб	-	25	25	25	25
Газове вугілля	-	25	25	25	25

З метою інтенсифікації агломераційного процесу при роботі на антрациті і кам'яному вугіллі, було здійснено спікання ретельно окомкованої шихти [11, 12], що практично не містила фракцій величиною < 1 мм, причому 60-80 % шихти складала фракції величиною > 3 мм. Спікання окомкованої таким чином шихти здійснювалося при високих швидкостях руху зони горіння, що перевищують у всіх випадках 30 мм/хв. Заміна коксового дріб'язку антрацитом призводить до зниження швидкості спікання, але в значно меншому ступені. Температурний рівень процесу знижується по мірі збільшення частки антрацитового штибу в паливній суміші, проте в цілому зміна максимальної температури в зоні горіння не перевищувала 50 °С і це не приводило до її пониження менше 1300 °С. Окисленість агломерату при використанні антрациту в цьому випадку практично не підвищується, а в окремих випадках навіть знижується в порівнянні з роботою на одному коксовому дріб'язку. Висловлені рекомендації про інтенсифікацію агломераційного процесу на антрациті пов'язані з необхідністю значних удосконалень схеми грудкування шихти і підготовки палива, направлених на поліпшення газопроникості шихти і

відповідне підвищення швидкості фільтрації повітря через шар. Останнє може бути до певної міри досягнуто (при існуючій потужності ексгаустера) шляхом зниження висоти шару спікаємої шихти, тому були проведені визначення оптимальної, з погляду продуктивності установки, висоти шару при використанні різних сортів твердого палива, ситовий склад яких штучно вирівнювався для виключення дії цього чинника на показники процесу.

По мірі збільшення висоти шару, швидкість спікання сповільнюється, причому в найбільшій мірі це відноситься до активніших видів палива – коксового дріб'язку і газового вугілля. Відповідно до температурних показників процесу спостерігається поліпшення якості спека, що супроводжується збільшенням виходу придатного.

Оскільки чинники, що визначають величину продуктивності установки, міняються взаємно протилежно, залежність продуктивності установки від висоти шару має екстремальний характер. Оптимальна висота шару залежить від реакційної здатності використовуваного твердого палива; при роботі на найбільш активному в умовах дослідів коксовому дріб'язку можливе деяке підвищення висоти шару (у порівнянні з антрацитом і газовим вугіллям), що сприяє досягненню найвищої продуктивності установки.

Використання антрациту замість коксового дріб'язку в агломераційному виробництві в нашій країні та норми якості антрацитового штибу для агломерації залізняку і концентратів: вологість W_p не більше 7,5%; зольність A_c не більше 15%, вміст сірки не більше 1,5% і вміст дріб'язку величиною $< 0,5$ мм не більше 20,0%.

1.2 Агломерація залізняку з використанням кам'яного і бурого вугілля

Промислові дослідження використання бідного вугілля Ліствянського родовища на аглофабриках ММК дозволили зробити висновок, що нормальні показники агломерації зберігаються при заміні до 40 % коксового дріб'язку вказаним вугіллям, що містить 6 % летючих і 8 % золи [13].

Лабораторні спікання криворізької руди з використанням бурого вугілля як замінику коксового дріб'язку в кількостях 10 і 20 % супроводжувались погіршенням показників агломераційного процесу: тривалість спікання зросла, вихід придатного знизився, внаслідок чого питома продуктивність скоротилася відповідно на 12 і 35 %. Якість агломерату погіршала – вміст фракції 0-5 мм після випробування в барабані склав відповідно 21 і 34,5 % проти 18 % при роботі на коксовому дріб'язку [14].

Вміст закису заліза і вихід готового агломерату слугують непрямими показниками температурно-теплового рівня процесу, який при заміні коксового дріб'язку газовою сумішшю до певної міри знизився, призводячи до зниження продуктивності агломераційної установки.

Таблиця 1.3

Показники процесу агломерації на різних видах палива

Показники	Вміст вуглецю в шихті, % при використанні палива							
	Коксовий дріб'язок		Антрацит		СС		Газове вугілля	
	4,5	6,0	4,5	6,0	4,5	6,0	4,5	6,0
Витрати палива на спікання, кг/т шихти	<u>53,5</u>	<u>71,0</u>	<u>54,5</u>	<u>72,5</u>	<u>55,6</u>	<u>74,2</u>	<u>74,3</u>	<u>99,0</u>
	53,5	71,0	54,5	72,5	55,6	74,2	74,3	99,0
Швидкість спікання мм/хв	<u>36,0</u>	<u>35,6</u>	<u>32,0</u>	<u>31,0</u>	<u>33,5</u>	<u>33,0</u>	<u>33,0</u>	<u>34,3</u>
	41,7	41,2	38,0	37,5	39,0	37,8	41,0	40,5
Вміст FeO в агломераті, %	<u>17,1</u>	<u>18,7</u>	<u>17,0</u>	<u>18,0</u>	<u>17,1</u>	<u>18,2</u>	<u>15,8</u>	<u>17,0</u>
	16,2	16,4	14,8	16,1	15,0	16,0	14,5	15,0
Вихід придатного, %	<u>71,2</u>	<u>74,3</u>	<u>70,0</u>	<u>73,5</u>	<u>71,0</u>	<u>72,0</u>	<u>70,0</u>	<u>70,5</u>
	74,0	77,2	73,0	76,5	72,0	76,0	71,0	74,5
Питома продуктивність по придатному агломерату, т/(м ² г)	<u>2,01</u>	<u>1,75</u>	<u>1,80</u>	<u>1,62</u>	<u>1,78</u>	<u>1,60</u>	<u>1,65</u>	<u>1,55</u>
	2,30	2,10	2,05	1,80	2,00	1,75	1,85	1,65
Розрахункова кількість смоли, що виділилася із спікаємого шару, г/т	-	-	<u>340</u>	<u>460</u>	<u>420</u>	<u>570</u>	<u>1570</u>	<u>2120</u>
	-	-	340	460	420	570	1570	2120

Процес виділення і конденсації смоли в спікаємому шарі не мав помітного впливу на швидкість агломерації гранульованої шихти, яка залишалася

практично на постійному рівні у міру заміни коксового дріб'язку газовим вугіллям, що має високий вихід смоли. Низька реакційна здатність антрациту зумовила при його використанні найбільше зниження швидкості спікання агломерату.

1.3 Спікання залізородного агломерату з використанням коксу, отриманого в кільцевій печі

У таблиці 1.4 порівняно результати спікань агломерату на коксі, отриманому в кільцевій печі з газового вугілля, і на коксовому дріб'язку НТМК [15,16].

Як шихтові матеріали було використано соколовську агломераційну руду (31 %), концентрат ССГОК (30,3 %), вапняк (6,5 %), повернення (28,2 %) і паливо (4,0 %). Надмірно швидке переміщення фронту горіння палива не забезпечувало належного прогрівання мікрооб'ємів шихти, що примикають до паливних частинок, що горять; скоротився розвиток відновних реакцій (вміст закису заліза в агломераті знизився на 3 %) у процесі плавлення шихти (вихід придатного скоротився майже на 8 % абс.); використання тепла в шарі погіршало (підвищилася температура газів, що відходять). Проте в цілому питома продуктивність установки зросла на 30 %.

В цих же межах збільшилася питома продуктивність агломераційної установки і при використанні палива, отриманого в кільцевій печі із слабкоспікливого вугілля марки СС. Так само, як і у попередньому випадку, зростання продуктивності було досягнуте в результаті збільшення вертикальної швидкості спікання (з 11,8 до 18,2 мм/хв), що перекрило зниження виходу придатного (з 64,2 до 58,4 % відповідно для коксового дріб'язку і коксу з вугілля СС).

Таблиця 1.4

Результати спікання в умовах НТМК на коксі з газового вугілля та
коксівому дріб'язку

Показник	Кокс з газового вугілля	Коксовий дріб'язок
Вертикальна швидкість спікання, мм/хв.	16,7	11,1
Вихід придатного агломерату, %	54,1	62,2
Питома продуктивність, т/(м ² г)	1,03	0,74
Розсівання агломерату, % після його двократного скидання з висоти 2 м по класах, мм: >25	35,1	41,7
25-15	6,4	8,7
15-10	12,6	11,8
10-5	27,6	18,0
< 5	18,3	19,8

Значне підвищення швидкості процесу агломерації відмічене і при використанні коксу з бурого вугілля (табл. 1.5) завдяки високій реакційній здатності буровугільного коксу, що перевищила показники активності коксового дріб'язку більш ніж в 5 разів.

Проте, отримати при цьому відчутний приріст продуктивності установки не вдалося через зниження виходу придатного більш ніж в 1,5 рази. Готовий агломерат в цьому випадку містив на 3-5 % FeO менше і володів, судячи з приведених даних, низькою міцністю.

Поліпшити міцність показників спеку і підвищити (на 23 %) продуктивність установки при використанні буровугільного коксу виявилось можливим тільки при помітному збільшенні витрат палива (на 42 %).

Таблиця 1.5

Результати спікання з буровугільного коксу

Вид палива	Вміст палива, %	Вихід придатного, %	Питома продуктивність установки, т/(м ² г)	Розсівання агломерату, % після випробовування його в барабані по класам, мм		
				> 25	10-25	< 10
Коксовий дріб'язок	5,85	64,1	0,83	34,0	22,0	44,0
Буровугільний кокс	5,9	41,2	0,895	8,3	20,6	71,1
	8,4	50,4	1,02	27,2	23,2	49,6

1.4. Використання в процесі агломерації буровугільного напівкоксу

Напівкокс, отриманий з бурого вугілля способом високошвидкісного піролізу за технологією Єніна, використовували для виробництва залізородного агломерату в лабораторних умовах на агломераційній чаші діаметром 200 мм [15]. Буровугільний напівкокс має більшу реакційну здатність порівняно з коксовим дріб'язком, він спалахує на повітрі при 210-220 °С, а в димових газах, що містять 10-12 % кисню, при 300 °С [17]. Для порівняння зазначимо, що температура займання коксового дріб'язку в струмені повітря складає 650-710 °С [18].

У зоні сушіння й підігріву виникає руйнування нетримких зерен шихти й винесення частини палива разом з відпрацьованими газами. Окрім того, висока реакційна спроможність і тонка дисперсність напівкоксу викликає інтенсивний розвиток реакції газифікації, що також знижує температуру у зоні горіння. При роботі на 100 % буровугільного напівкоксу вихід придатного складає усього 32 %.

Напівкокс, отриманий з Кансько-Ачинського вугілля, випробовували в лабораторних умовах при агломерації шихти, що складається з абагурського концентрату, руди Самари і гур'євського вапняку (табл. 1.6, 1.7) [8].

До погіршення міцності агломерату призвело використання напівкоксу, отриманого з александрійського бурого вугілля методом лабораторного коксування: вихід фракції 0-5 мм після випробування в барабані збільшився з 18 до 30 % в умовах повної заміни коксового дріб'язку напівкоксом [14].

По мірі збільшення вмісту вуглецю в напівкоксі зростає вихід придатного. Відсів дрібних фракцій з даного виду напівкоксу поліпшив показники роботи установки: при відсві фракції 0-0,1 мм продуктивність досягла рівня роботи на коксовому дріб'язку; відсів фракцій 0-0,2 і 0-0,5 мм дозволив перевищити цей рівень відповідно на 3,5 і 17,2%.

Таблиця 1.6

Показники спікання залізорудного агломерату із заміною коксового дріб'язку напівкоксом з бурого вугілля

Номер досліду	Вміст палива, %		Вертикальна швидкість спікання, мм/хв	Вихід придатного агломерату, %	Питома продуктивність установки, т/(м ² ·г)	Хімічний склад агломерату	
	Коксового дріб'язку	Буровугільного напівкоксу				Fe	FeO
1	2	3	4	5	6	7	8
1	100	0	<u>15,8</u> 15,4	<u>74,6</u> 72,7	<u>1,32</u> 1,25	<u>61,1</u> Не визн.	<u>37,5</u> Не визн.
2	80	20	<u>16,6</u> 165,7	<u>69,4</u> 72,9	<u>1,33</u> 1,25	<u>60,3</u> 56,8	<u>26,2</u> 27,1
3	60	40	<u>10,5</u> 18,2	<u>63,5</u> 67,5	<u>0,76</u> 1,35	<u>60,1</u> 56,9	<u>16,6</u> 23,1
4	40	60	<u>14,3</u> 20,0	<u>47,3</u> 65,5	<u>0,74</u> 1,30	<u>59,8</u> 56,9	<u>25,1</u> 20,1
5	20	80	<u>14,3</u> 20,0	<u>38,7</u> 67,5	<u>0,64</u> 1,37	<u>59,5</u> 56,6	<u>20,4</u> 21,7

Закінчення табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8
6	0	100	<u>10,0</u> 22,2	<u>32,2</u> 61,5	<u>0,35</u> 1,47	<u>58,3</u> 56,6	<u>16,8</u> 15,2
7	40	60	11,1	64,4	0,79	58,1	25,3
8	20	80	7,4	66,3	0,50	58,4	24,1
9	0	100	7,7	62,5	0,50	58,0	17,0

Таблиця 1.7

Показники процесу при використанні напівкоксу з
Кансько-Ачинського бурого вугілля

Співвідношення палива у шихті, %		Вертикальна швидкість спікання, мм/хв	Максимальна температура газів, що відходять, °С	Вихід придатного агломерату, %	Питома продуктивність установки, т/(м ² ·Г)	Загальний вміст у шихті вуглецю, %
Коксовий дріб'язок	Буровугільний напівкокс					
100	0	24,91	355	53,3	1,50	3,5
80	20	26,03	385	53,7	1,52	3,7
60	40	28,61	402	42,7	1,44	3,9
40	60	30,55	405	41,6	1,41	4,1
20	80	30,34	412	46,5	1,39	4,3
0	100	32,59	410	43,0	1,32	4,5

1.5 Виробництво агломерату з використанням торф'яного коксу

Для дослідження виробництва агломерату з використанням торф'яного коксу автори [19] використовували торф'яний кокс крупністю 1,3-0; 3-0; 5-0 і 8-0 мм. При цьому крупність коксового дріб'язку складала 3-0, вапняку 3-0, концентрату 2-0, звороту 10-0 мм. Введення торф'яного коксу в шихту в кількості до 50% від витрати паливної суміші практично не відбилося на зміні насипної маси шихти, оскільки оптимальна вологість шихти збільшилася з 5,5

до 6,0 і 6,5% при використанні в паливній суміші відповідно 25 і 50% торф'яного коксу.

Відповідно до газодинамічних умов спікання, що змінилися, і збільшеної реакційної здатності палива, спостерігали прискорення процесу агломерації при використанні торф'яного коксу з верхньою межею крупності 3-5 мм (при 25% даного виду палива в суміші з коксовим дріб'язком) і 5-8 мм (при 50%) (табл. 1.8). Вказаним випадкам відповідали кращі показники роботи агломераційної установки по виходу придатного, питомій продуктивності і міцності спека; при цьому оптимальна витрата вуглецю склала 4-5%.

Таблиця 1.8

Ситовий і технічний склад торф'яного коксу та коксового дріб'язку

Показники	Торф'яний кокс для спікань		Коксовий дріб'язок
	лабораторних	Дослідно-промислових	
Ситовий склад, %: до одрібнення, мм: >50	-	6,0	-
50-25	-	11,0	-
25-10	-	22,4	-
10-5	-	34,2	-
<5	-	26,4	-
Після подрібнення, мм: >5	-	8,0	-
5-3	-	12,6	5,7
3-1,3	-	17,2	26,5
1,3-0,54	-	20,0	23
0,54-0,29	-	11,4	13,2
<0,29	-	30,8	28,3
Технічний склад, % W_p	30,0	41,5	15,5
A_c	10,6	22,3	12,9
$S_{\text{собщ}}$	0,21	0,20	0,57
V_r	5,0	6,7	1,4
Температура займання, °C	-	425	725
Реакційна здатність, %	-	95	15

При використанні торф'яного коксу збільшилася кількість дрібних фракцій в поверненні і відсіві агломерату, вміст в ньому класу 3-0 мм збільшився в середньому з 38 до 45 %, а класу 15-5 мм знизився з 43,5 до 35,5 %. У поверненні і відсіві агломерату в доменному цеху містився підвищений вміст залишкового вуглецю, в середньому 1,6-1,8 проти 1,2-1,3 % при звичайному паливі. Механічна міцність агломерату і його розсівання перед бункерами доменного цеху практично не відрізнялися від тих же показників, які мали місце при роботі з використанням одного коксового дріб'язку.

1.6 Дослідження впливу крупності коксового дріб'язку на ефективність агломераційного процесу

Розмір частинки пального значно впливає на хід процесу. Чим більше зерно пального, тим більший період його горіння, і тим більшу відновну і теплову дію воно має на навколишні рудні частинки [20].

Агломерат, отриманий на паливі фракції 1-3 мм, характеризується вищим вмістом закису заліза в порівнянні з агломератом, отриманим на паливі крупністю <1 мм.

Звертає на себе увагу факт появи в агломераті помітних кількостей металевого заліза. Крім того, крупність пального має великий вплив на реакції твердих фаз. Наприклад, вміст Fe_2SiO_4 значно збільшується із зростанням крупності пального.

Дрібне паливо може бути розподілене в шихті більш рівномірно, його згоряння відбувається інтенсивніше [19], проте надмірно дрібне паливо погіршує перебіг процесу агломерації; залежно від крупності палива змінюється вміст закису заліза в агломераті.

При зменшенні крупності коксового дріб'язку різко погіршується механічна міцність агломерату. Це пояснюється швидким згорянням дрібних частинок палива і зниженням в результаті цього температури в зоні горіння, оскільки

використання крупного коксового дріб'язку діє в дослідженому діапазоні крупностей як підвищення витрат палива на спікання.

Було встановлено [3], що по мірі зростання крупності палива в межах від 0 до 3,5 мм (при постійному вакуумі), змінюється окислювально-відновний потенціал продуктів горіння, в ході спікання поліпшується використання вуглецю і одночасно в димових газах збільшується частка вільного кисню.

Однією з причин низьких показників роботи агломераційної установки на дрібнішому паливі є погана комкуємість шихти при паливі крупністю 0-0,5 мм [14]; початкова газопроникність шихти послідовно зростала від 0,36 до 0,54 м³/(м²с) із збільшенням частинок палива від 0-0,5 до 3-3,5 мм.

Таблиця 1.9

Зміна хімічного складу агломерату при використанні палива різної крупності

Крупність палива, мм	Витрати палива, %	Хімічний склад агломерату, %		
		$Fe_{\text{общ}}$	$Fe_{\text{мет}}$	FeO
0-1	3	62,25	0,91	7,39
	6	64,15	1,34	26,75
	9	67,55	2,20	46,14
	12	65,10	3,66	49,34
	15	68,30	3,66	60,99
1-3	3	63,80	0,86	15,94
	6	66,73	2,20	37,23
	9	65,84	4,10	50,97
	12	68,23	2,94	59,52
	15	67,77	4,77	67,28

З метою підвищення ефективності використання вуглецю палива при агломерації і скорочення його витрати були проведені дослідження процесу

спікання на класифікованому паливі з відсівом найбільш дрібної фракції (0-0,5мм), результати яких наведені в табл. 1.10 [14,15].

Таблиця 1.10

Кількість залишкового вуглецю на класифікованому коксовому дріб'язку

Агломерат	C _{ост} , % при величині палива, мм			
	0-5	0-0,5	1-2	3-3,5
Після випробування в барабані	0,19	0,21	0,15	0,54
Повернення	0,58	0,91	0,24	1,17

В ході грудкування шихти частинки палива величиною 0-0,5 мм комкуються в грудки, у зв'язку з цим дифузія кисню до них складніша і процес з використанням палива даного класу йде найдовше. З найбільшою швидкістю розвивається спікання на крупному паливі (3-3,5 мм), що забезпечує високу газопроникність шихти. Проте в силу менш рівномірного розподілу палива в шихті, зона горіння в цьому випадку, так само, як і в попередньому, виявляється розтягнутою по висоті.

У шарі залишаються об'єми шихти, що не спеклася, отриманий агломерат виявляється неоднорідним. Робота на вказаних класах палива в агломераті і поверненні: при спіканні на коксовому дріб'язку величиною 1-2 мм невикористаного вуглецю в агломераті виявляється в 1,7 рази менше, а в поверненні в 4 рази менше, ніж при спіканні на коксовому дріб'язку 3-3,5 мм.

Газопроникність шихти і відповідне зростання вертикальної швидкості спікання по мірі збільшення розміру паливних частинок може спостерігатися в різних діапазонах крупності палива залежно від гранулометрії інших складових шихти.

У промислових умовах отримання в необхідних кількостях коксового дріб'язку вузького класу крупності є скрутним, тому особливий інтерес

представляють дані про виробництво залізородного агломерату на паливі з відсівом тонких фракцій.

Відсів фракції 0-0,5 мм з коксового дріб'язку сприяє ефективнішому використанню вуглецю палива і відповідному скороченню його оптимальної витрати на спікання; одночасне підвищення температурно-теплових умов процесу приводить до зростання виходу придатного, що супроводжується і вищими значеннями питомої продуктивності установки. Характерно, що застосування палива крупністю 0,5-3 мм, не дивлячись на зниження вмісту вуглецю, привели до підвищення температури у верхній частині спікаємого шару на 250 °С. Збільшення розміру паливних частинок супроводжується скороченням їх питомої поверхні, а отже, і реакційної здатності.

Про необхідність виключення з коксового дріб'язку частинок розміром >0,5 мм свідчать також дані роботи [6], згідно яких зміна в коксовому дріб'язку фракції <0,5 мм фракцією 0-1 мм підвищує продуктивність установки на 35 %; застосування коксового дріб'язку >3 мм знижує крупність і міцність агломерату при одночасному збільшенні вмісту в ньому закису заліза.

Крупність палива, маючи істотний вплив на температурно-тепловий режим спікання, знаходить віддзеркалення в мікро- і макроструктурі спека. При дослідженні агломератів, спечених з паливом крупністю 0-0,14 мм, блокової текстури не виявлено. Це можна пояснити наступним. Частинки палива такого розміру при горінні не можуть розплавити зерна, що оточують її крупні гранули рудної частини шихти. В результаті структура агломерату є хаотичним поєднанням силікатної зв'язки із залишками первинного гематиту і кварцу шихти. Також безладно розташовані ділянки підвищеної основності з феритами кальцію, що утворилися в твердій фазі. Коксовий дріб'язок розміром 1-2 мм дає оптимальні по величині блоки, отже, і міцніший агломерат: випробування кусків агломератів на руйнування під пресом підтвердили, що агломерати, отримані при використанні коксового дріб'язку даної крупності, є найміцнішим (табл. 1.11) [7].

Таблиця 1.11

Мінералогічний склад агломератів, спечених на класифікованому паливі

Величи на коксу, мм	Зміст фази, %								
	Гематит	Залишки шихти	Магнетит	Зв'язка	Ферити	2СаО SiO ₂	Вюстит	СаО SiO ₂	Залишки коксу
0-0,5	7,95	7,95	55,48	26,80	0,40	0,31	0,50	0,61	-
0,5-1	1,98	1,98	58,96	36,40	0,016	-	-	0,45	0,21
1-2	2,78	2,78	57,65	35,10	0,022	-	-	0,03 3	1,4
2-3	3,4	0	59,66	40,6	0,21	-	-	0,02	-
3-5	4,5	4,5	56,90	33,4	0,23	-	-	0,47	-

1.7 Вплив крупності заміників коксового дріб'язку на технологічні показники процесу агломерації

До недавнього часу вивченням впливу гранулометричного складу палива на показники аглопроцесу вивчалися лише стосовно коксового дріб'язку.

Таблиця 1.12

Насипна маса та реакційна здатність деяких заміників коксового дріб'язку

Паливо	Насипна маса, т/м ³	Реакційна здатність, мл/(г·с)
Коксовий дріб'язок	0,7	0,7-1,0
Антрацит	0,9	0,5
Торф'яний напівкокс	0,35-0,4	-
Буровугільний напівкокс	0,35	8-10
Кокс з вугілля: газового	0,33-0,4	2,3
СС	0,474	-
Нафтовий кокс	Немає відомостей	0,42

Як видно з табл. 1.12, паливо, що отримується шляхом швидкісного піролізу вугілля, має, як правило, нижчу насипну масу і підвищену хімічну активність; антрацити і нафтовий кокс мають велику насипну масу, а реакційну здатність меншу, порівняно з коксовим дріб'язком.

Паливо з малою насипною масою займатиме до 20-25 % об'єму агломераційного шару проти 7-10% для коксового дріб'язку, тому вплив його гранулометрії (особливо антрациту і нафтового коксу) на показники спікання повинен бути відчутнішим, ніж вплив коксового дріб'язку[11, 18].

Із зменшенням крупності палива спостерігається гальмування процесу його горіння в шарі, що знаходить свій вираз в зниженні швидкості спікання. Причому найбільші зміни швидкості спікання спостерігаються при крупності палива менше 0,7-0,8 мм, тобто при вмісті фракції 0-0,5 мм в кількості 15-20 % і більше.

Підвищенню температури спікання із зростанням крупності палива сприяє інтенсивніше горіння крупних частинок, викликане поліпшенням газопроникності шихти. При однаковій газопроникності в цьому ж напрямі діє збільшення часу перебування шихти в зоні високих температур завдяки більшій тривалості горіння крупних частинок. Крупні частинки палива більшою мірою згоряють до двоокису вуглецю, забезпечуючи більший прихід тепла в порівнянні з дрібними.

Негативний вплив дрібних фракцій палива найпомітніше виявляється у верхніх горизонтах спікаемого шару; у нижніх горизонтах цей недолік до певної міри компенсується регенованим теплом шару готового агломерату. Зміна показників агломераційного процесу відбувається ідентично при використанні палив, що розрізняються як природою вуглецевої речовини, так і гранулометричним складом.

Зниження крупності палива супроводжується збільшенням у спеку кількості «недопеченої» первинної руди і залишків паливних частинок при певному зниженні магнетиту і силікатної зв'язки. Зростання частки вторинного гематиту, що спостерігається в агломераті при використанні дрібних класів палива пояснюється, мабуть, великою тривалістю спікання: частинки агломерату тривалий час обробляються повітрям, що і приводить до появи на межах пор і зерен магнетиту вторинного гематиту.

Додатковим підтвердженням погіршення умов горіння при використанні переподрібненого палива є підвищений вміст в поверненні залишкового вуглецю.

Якість агломерату (вихід придатного і міцність) можна поліпшити, збільшивши витрату палива в шихту до 7,9 %. Проте збільшення витрати палива знижує вертикальну швидкість спікання.

Якісним [19] слід вважати агломераційне паливо, що містить менше 10% летючих і малі кількості фракцій 0,5-0,1 мм при повторному виключенні фракцій $< 0,1$ мм. Для палива, що володіє високою щільністю (антрацит, нафтовий кокс), ці обмеження є менш жорсткими, ніж для палива малої щільності (напівкокс).

Використання буровугільного напівкоксу різного гранулометричного складу показало, що відсіювання з цих палив фракцій $< 0,5$ і $< 0,1$ мм приводить до істотного поліпшення показників агломераційного процесу.

Якщо з буровугільного напівкоксу, отриманого при 900°C , відсіяти фракцію $< 0,1$ мм, то продуктивність установки стане такою ж, як при використанні звичайного коксового дріб'язку.

Слід зазначити, що у використаному буровугільному напівкоксі містилося порядку 7-10 % летючих, що наближає його до середньотемпературного коксу. Проте це не зменшує цінності отриманих результатів.

У США проведено дослідження по спіканню шихти з верхньою межею дроблення палива до 3,2 мм [19]. Вони показали, що при одночасному підвищенні нижньої межі крупності палива до 0,8 мм продуктивність установки зросла на 75 %. Наголошується, що подальше підвищення нижньої межі крупності палива знижує швидкість спікання і продуктивність агломераційної установки.

Таблиця 1.13

Характеристика процесу спікання при використанні дрібнозернистого
коксу з вугілля СС

Показник	Вміст в паливі фракції 0-0,5 мм					Вміст фракції 0-0,1 мм 100%
	0	20	40	60	100	
Середній діаметр частинки палива, мм	1,26	0,70	0,48	0,36	0,25	0,05
Висота шару, мм	280	270	270	280	280	280
Максимальна температура газів, що відходять, °С	420	440	400	-	335	320
Продуктивність установки по придатному, т/(м ³ Г)	1,83	1,67	1,47	1,25	0,9	0,67
Вертикальна швидкість спікання, мм/хв	28,0	26,2	24,0	22,0	20,0	16,80
Вміст FeO в агломераті, %	25,7	-	18,68	-	14,10	8,95
Розсіювання агломерату, % по класах, мм: > 40	27,1	33,6	45,5	35,7	16,3	30,2
40-25	8,2	8,4	6,7	5,8	7,1	5,2
25-12	29,4	19,6	16,8	17,4	26,3	21,2
12-8	16,2	18,0	13,2	18,4	23,5	15,4
8-5	6,3	7,5	4,8	5,3	7,6	5,2
0-5	12,8	12,9	13,1	15,4	18,0	22,8
Хімічний склад агломерату, %:						
$Fe_{\text{общ}}$	54,60	54,93	53,95	54,20	53,92	54,54
FeO	25,70	-	18,65	-	14,10	3,95
CaO						
SiO_2	0,97	0,98	0,95	0,99	0,94	0,95
$C_{\text{ост}}$	He виявл	He виявл	0,014	0,019	0,047	0,10

Таблиця 1.14

Характеристика процесу спікання при використанні дрібнозернистого коксу з газового вугілля

Показник	Вміст палива фракції < 0,5 мм		
	0	58,5	100
Максимальна температура в зоні горіння на відстані від колосників, мм: 180	1260	1100/1210	900
80	1370	1280/1350	1090
Максимальна температура газів, що відходять, °С	600	540/640	280
Вертикальна швидкість спікання, мм/хв	35,1	31,0/26,5	13,0
Вихід придатного агломерату, %	70,0	59,0/61,0	21,0
Продуктивність установки по придатному агломерату, т/(м ³ Г)	1,96	1,45/1,10	0,3
Міцність агломерату, або вихід фракції 0-5 мм після чотирьох скидань, %	13,	21,4/12,6	30,2
Хімічний склад агломерату, %			
$Fe_{\text{общ}}$	54,2	54,7/54,0	54,5
FeO	18,68	14,0/38,2	19,95
CaO			
SiO_2	0,97	0,98/0,95	0,95

Промислові дослідження по заміні коксового дріб'язку іншими видами палива, проведені на аглострічці площею 75 м² металургійного заводу в Рєшице, показали, що при використанні будь-якого із замінників коксового дріб'язку, вміст фракцій < 0,5 мм не повинен перевищувати 5% [10]. Великою мірою ця вимога стосується дрібнозернистого коксу, отриманого в реакторі киплячого шару, і в меншій – до антрациту і нафтового коксу.

При верхній межі дроблення коксу киплячого шару і антрациту 3 мм і однаковій їх витраті в шихту, вміст закису заліза в агломераті, отриманому на коксі киплячого шару, знижується на 3-7 % в порівнянні з використанням коксового дріб'язку. Заміна коксового дріб'язку антрацитом привела до підвищення вмісту закису заліза в агломераті. Вихід дрібних фракцій після випробування в барабані при використанні коксу киплячого шару на 4-8 %

зростає, а при використанні антрациту – знижується на 1-3 % в порівнянні з гранулометричним складом агломерату, отриманому при роботі на коксовому дріб'язку.

Незалежно від хімічної активності палива, вміст в ньому фракції 0-0,5 мм небажаний. Особливо це відноситься до коксу реторт з вищою, у порівнянні з коксовим дріб'язком, хімічною активністю [19].

Розглянуті питання не вичерпують всієї складності проблеми крупності агломераційного палива, в якій разом з відсівом і використанням тонких фракцій, треба вирішити питання про оптимальну крупність використовуваних при агломерації різних сортів палива.

Отже, при використанні для агломерації сортів твердого палива, що розрізняються своєю природою, слід міняти верхню межу крупності паливних частинок. Їх вміст повинен бути тим вищий, чим вища хімічна активність вуглецевої речовини палива, при цьому вимога мінімального вмісту дрібних класів в агломераційному паливі залишається.

Використання антрацитного штибу як замітника коксового дріб'язку повинне передбачатися зниженням верхньої межі його крупності до 2 мм (табл. 1.15).

Величина реакційної здатності агломераційного палива, визначувана як константа швидкості взаємодії його з двоокисом вуглецю, залежить від природи вуглецевої речовини палива (що пов'язано з виглядом вугілля, використаного для виробництва палива, і температурним рівнем коксування), а також від питомої реакційної поверхні, яка різко зростає при зниженні дисперсності паливних частинок.

Підвищення реакційної здатності агломераційного палива в результаті використання активніших, у порівнянні з антрацитом і коксовим дріб'язком, вуглецевих матеріалів дозволяє, як було показано вище, значною мірою інтенсифікувати агломераційний процес. Висока реакційна здатність реалізується, оскільки застосування подібних матеріалів знижує додаткове

подрібнення видів палива в умовах агломераційного процесу на газопроникність шару шихти і гальмує протікання процесу спікання.

Таблиця 1.15

Вплив крупності антрациту на результати спікання залізородного агломерату

Показники	Крупність антрациту, мм			
	5-3	3-2	2-1	1-0
Швидкість спікання, мм/хв	23,8	25,4	26,5	24,1
Вихід придатного, %	67,8	67,5	68,5	62,4
Продуктивність установки по придатному, т/(м ² Г)	1,3	1,44	1,58	1,30
Розсіювання агломерату, % після випробувань на міцність по класам, мм: >40	38,6	41,9	38,0	34,0
40-25	5,5	6,6	8,5	8,7
25-12	28,6	18,6	22,4	20,3
12-18	8,9	13,9	12,9	13,4
8-5	4,9	4,5	4,0	7,7
<5	13,5	14,5	14,2	16,0

У зв'язку з даною обставиною стосовно агломераційного процесу, слід говорити не взагалі про реакційну здатність палива як міру його хімічної активності, визначуваної в якихось штучних умовах, а про ефективну реакційну здатність, що знаходить свій кількісний вираз в швидкості горіння палива в реальному шарі, що агломерується.

Вертикальна швидкість агломерації – функція ефективної реакційної здатності агломераційного палива, сумарної характеристики хімічної здатності агломераційного палива, сумарної характеристики хімічної активності вуглецевої речовини і газодинамічних умов його горіння, що є в агломераційному шарі. Висока хімічна активність дрібнодисперсного палива, обумовлена сильно розвиненою реакційною поверхнею, в реальних умовах агломераційного процесу не реалізується. Більш того, агломерація на дрібнодисперсному паливі протікає повільніше, ніж при роботі на крупних

класах палива, і супроводжується незадовільним використанням вуглецю палива.

Висновки по Аналітичній частині та постановка завдань дослідження

Необхідною умовою до агломераційного палива є наявність в ньому не більше 10-30 % фракції 0-0,5 мм, причому менші значення відносяться до видів палива, що володіють за своєю природою високою реакційною здатністю. В той же час верхня межа крупності для цих видів палива повинна бути збільшена до 5-8 мм, а для низькорекційного антрациту – понижена до 2 мм, тобто менш реакційні види палива повинні мати в оптимальному випадку вузький діапазон коливань крупності складових їх класів.

Технологічні схеми підготовки коксового дріб'язку до агломерації, що існують в даний час, не відповідають повною мірою викладеним вимогам. Вміст фракції 0-0,5 мм в коксовому дріб'язку складає, як правило, не менше 30-40 %.

Оптимальна висота спікаємого шару, що забезпечує найвищі показники продуктивності установки, залежить від виду палива і при використанні малоактивного антрациту повинна бути понижена в порівнянні з умовами роботи на коксовому дріб'язку.

У пропозиціях про організацію виробництва дрібнозернистого коксу для агломерації не враховуються вимоги агломераційного процесу до використовуваного твердого палива. До певної міри утворення тонких класів коксового дріб'язку і його заміників є неминучим, оскільки неможливо виключити з технологічних схем підготовки палива, наприклад, таку операцію, як подрібнення палива.

Із розглянутих видів палива (антрацит, коксовий дріб'язок, кам'яне та буре вугілля, кокс, отриманий у кільцевій печі, буровугільний напівкокс, торф'яний кокс), які використовуються у технологічному процесі агломераційного виробництва, найкращим, виходячи з якості температурних показників та

економічної вигоди, я вважаю суміш коксового дріб'язку та антрацитового штибу. Пропоную подальше вивчення впливу його кількості та крупності на технологічний процес спікання аглошихти, хімічний та мінералогічний склад агломерату, його металургійні характеристики.

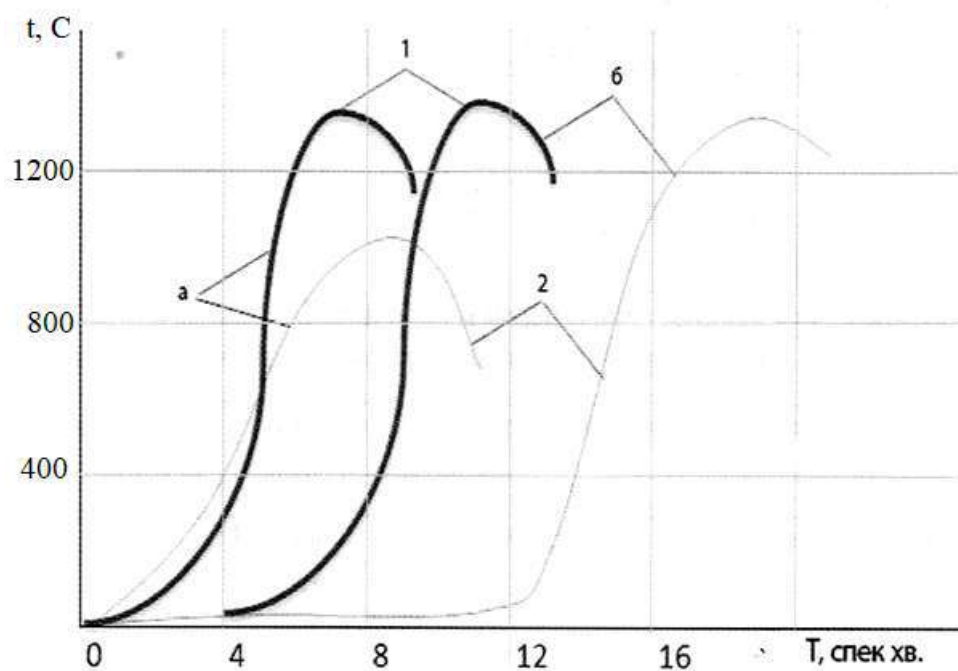
З метою покращення металургійних властивостей агломерату за рахунок забезпечення необхідної кількості та гранулометричного складу твердого палива в аглошихті в даній дипломній роботі поставлені наступні завдання дослідження:

- вивчити вплив різної кількості антрациту та коксового дріб'язку в аглошихті на технологічні показники її спікання, хімічний склад та металургійні характеристики агломерату.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Вплив різної кількості антрациту та коксового дріб'язку в аглошихті на технологічні показники її спікання, хімічний склад та металургійні характеристики агломерату

Одними з ранніх дослідів використання антрациту в агломерації залізняка були дослідження, проведені в інституті «Механобр» [1, 2], в ході яких поряд із зменшенням газопроникності шару шихти по мірі заміни коксового дріб'язку антрацитним насінням або штибом, було зафіксовано збільшення продуктивності агрегату при використанні палива звичайної крупності 0-3 мм (рис. 2.1, табл. 2.1).



T – час спікання, хв; t -температура горіння, °C

Рис. 2.1. Термограми процесу агломерації з використанням коксового дріб'язку (1) і антрациту (2) на висоті від колосникових решіток, мм:

а – 180; б – 80

Низька реакційна здатність антрациту зумовлює менш інтенсивну взаємодію паливних часток з киснем повітря. Тому зона горіння виявляється розтягнутою по висоті (рис. 2.1) і процеси утворення рідких фаз протікають сповільнено. Газопроникність виникаючого шару рідких продуктів мала, а висота його більша, ніж при роботі на коксовому дріб'язку.

Це є причиною додаткового гальмування процесу. Зниження швидкості спікання і його температурного рівня впливає на показники якості спека і продуктивність установки (рис. 2.2).

Вказані зміни процесу зв'язані також і з тим, що антрацит займає в шихті об'єм в 1,3 рази менший, ніж коксовий дріб'язок [11] (а в умовах, описаних в роботі [3], в 2,5 рази). Це приводить до роз'єднаності вогнищ горіння в шарі і зниження виходу придатного.

Таблиця 2.1.

Результати лабораторних дослідів та отримання залізородного агломерату з використанням коксового дріб'язку та антрациту

Показники якості палива та агломераційного процесу	Результати дослідів при використанні агломераційного палива крупністю, мм								
	Коксовий дріб'язок			Антрацит (насіння)			Антрацит (штиб)		
	0-6	0-3	0-0,5	0-6	0-3	0-0,5	0-6	0-3	0-0,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технічний аналіз палива, %									
Зола палива	16,54			11,50			13,65		
Сірка вуглецю	0,88			1,30			1,57		
Об'єм	2,10			3,20			3,00		
Вуглець	81,36			85,30			83,35		
Вертикальна швидкість спікання, мм/хв	-	28,6	-	-	26,0	-	-	26,0	-
Вміст FeO у агломераті, %	21,10	20,2	21,10	17,66	10,60	20,35	18,21	10,02	18,67

закінчення табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вихід агломерату, %	-	54,5	-	-	62,6	-	-	60,0	-
Питома продуктивність аглоустановки, т/(м ² *ч)...	1,30	1,00	1,51	1,13	1,76	1,98	1,55	1,80	1,37
Міцність агломерату (вихід дріб'язку 0-6 мм після руйнування), %...	-	14,6	-	-	12,0	-	-	13,4	-

У наступних роботах [3-11] відмічено негативний вплив добавок антрациту до коксового дріб'язку на технологічні показники агломераційного процесу (табл.2.2).

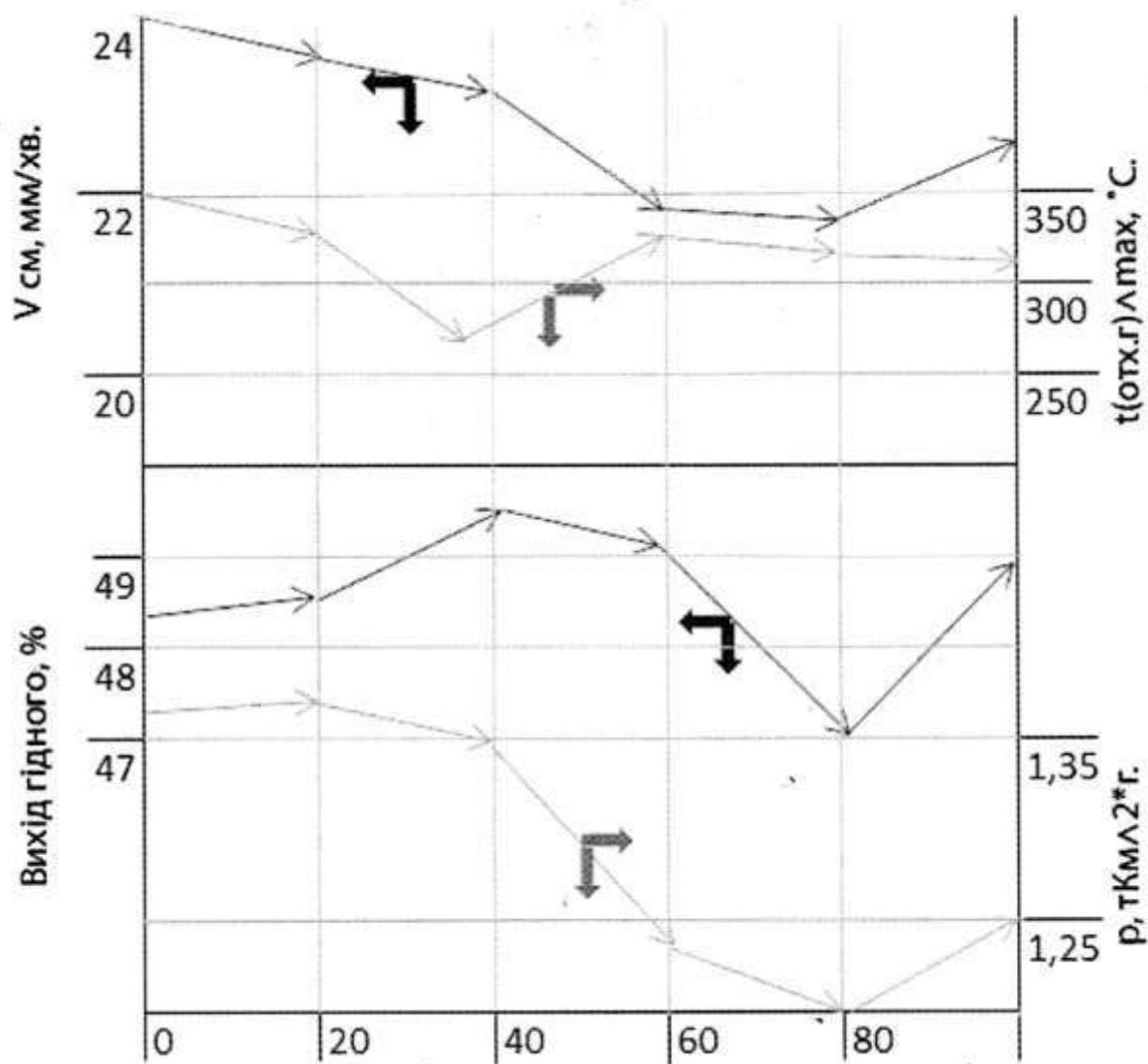
Таблиця 2.2

Вплив антрациту на показники роботи промислових агломераційних установок

Вміст антрациту у паливі, %	Якість агломерату	Зниження виходу гідного, %	Зниження потужності агломашини, %
100	Не погіршилась	-	2,8
100	-	-	8,3
100	-	-	16,6
100	-	-	3,8
50	Не погіршилась	-	-
100	Погіршилась	-	3-5
20	Не погіршилась	-	-
50	Погіршилась	7,3	-
100	-	23,4	-

Для підвищення температурно-теплого рівня процесу і поліпшення якості спека при роботі на антрациті, підвищували витрату вуглецю на спіканні в різних випадках від 13,5 [11] до 50 % [7] від оптимального вмісту вуглецю в

шихті при роботі на коксовому дріб'язку. При цьому не завжди вдавалося досягти продуктивності агломераційної установки, відповідно умовам її роботи на коксовому дріб'язку.



Кількість антрациту у шихті

Рис. 2.2 – Вплив вмісту антрациту на показники спікання офлюсованого агломерату з магнетитового концентрату і бурого залізняка при постійному вмісті вуглецю в шихті 3,0 %

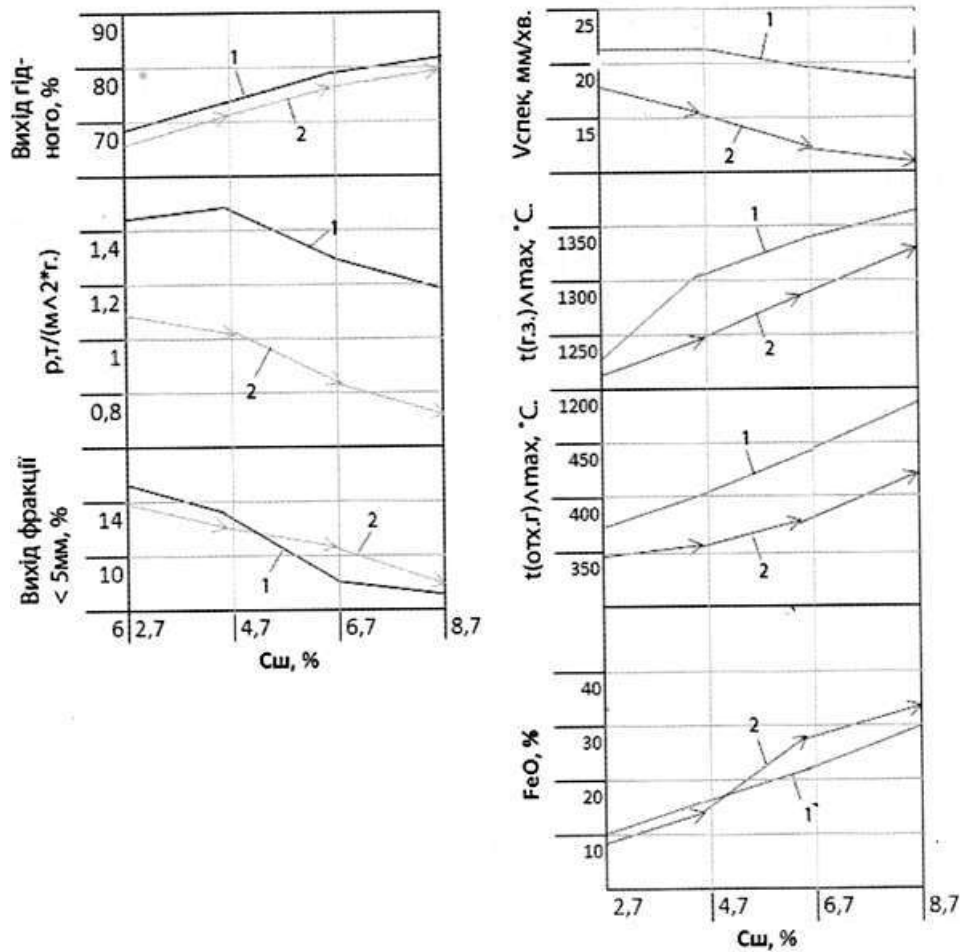


Рисунок 2.3. Зміна технологічних показників агломераційного процесу залежно від вмісту вуглецю в шихті і виду використовуваного палива:

1 – коксовий дріб'язок; 2 – антрацитовий штиб

де $p, \text{т}/(\text{м}^2 \cdot \text{г})$ - питома продуктивність, $\text{т}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; $\text{FeO}, \%$ - закис заліза, %; $t(\text{отх. г})^{\text{max}}, \text{C}$ – температура відпрацьованих газів, C; $t(\text{г. з})^{\text{max}}, \text{C}$ – температура горнових газів, C; $V \text{ спек}, \text{мм}/\text{хв}$ – вертикальна швидкість спікання, мм/хв.

Останнє мало місце в дослідях (рис. 2.3) [12], в яких при переході від коксового дріб'язку до антрацитного штибу зміна температурно-тимчасових показників процесу агломерації протікала таким чином, що міра розвитку відновних реакцій в спікаємому шарі, яка відображалася вмістом заліза

в агломераті, виявлялася приблизно однаковою. Мінералогічний аналіз агломератів в цьому випадку (рис. 2.4) характеризувався деяким зниженням вмісту магнетиту і збільшенням частки силікатної зв'язки.

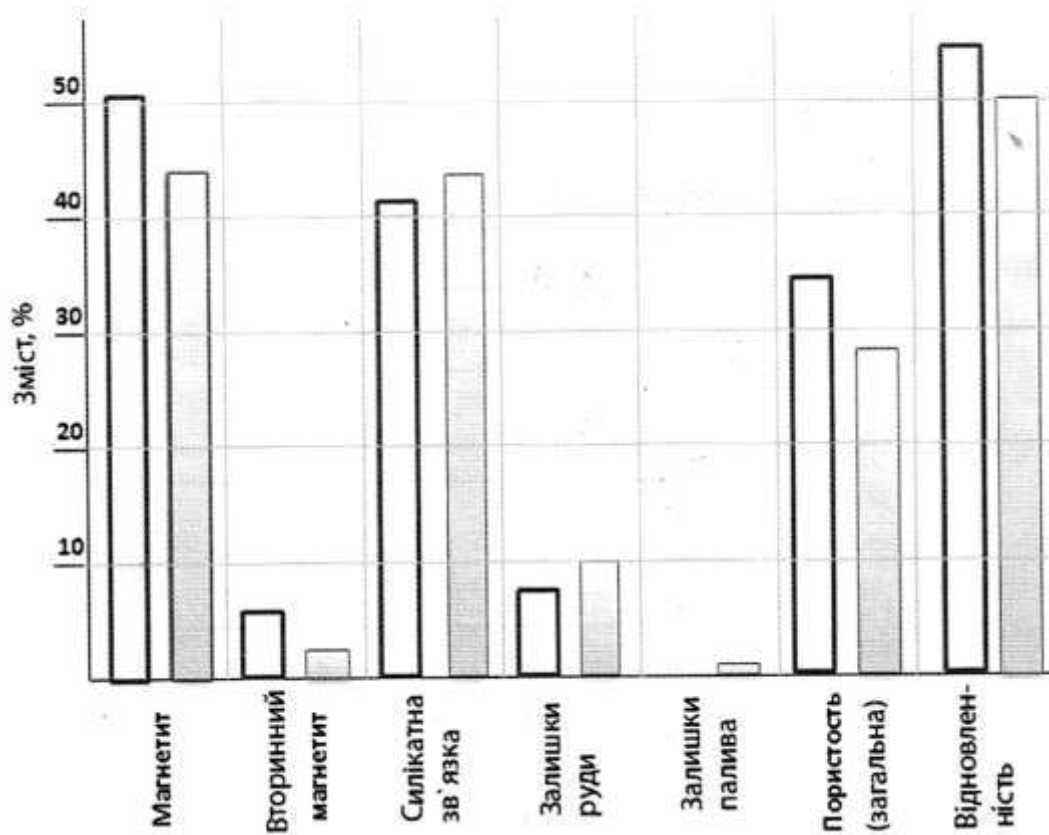
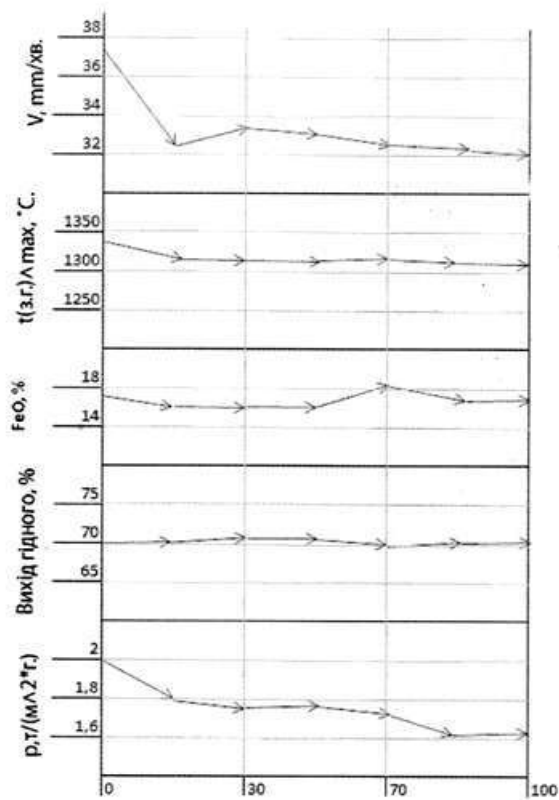


Рис. 2.4 – Мінералогічний склад, пористість і відновлюваність агломератів, отриманих при роботі на коксовому дріб'язку (1) і антрацитовому штибі (2)

В результаті зниження температурного рівня процесу зросла кількість первинної руди в спеку і знизився вміст гематиту, що утворився в ході реакцій вторинного окислення магнетиту. Характерно, що низька горючість антрациту, а також підвищений вміст в ньому класу 0-0,5 мм привели до неповного використання палива в ході агломерації: кількість залишкового вуглецю в спеку склала 10 % від вихідного вмісту його в шихті.

Відповідно до зміни вмісту кисню заліза і силікатної зв'язки в спеку, вихід придатного при роботі на використаних видах палива змінився мало.

Таким чином, зміна продуктивності агломераційної установки при використанні агломераційного штибу замість коксового дріб'язку в основному визначалася зниженням швидкості спікання. Збільшення вмісту антрациту в шихті не сприяло зростанню продуктивності установки у відмінність, наприклад, від результатів робіт [8, 10], в яких цими заходами вдалося зберегти продуктивність установки на рівні її роботи при використанні коксового дріб'язку.



Кількість антрациту у шихті, %

Рис. 2.5 – Вплив вмісту антрацитного штибу на показники агломераційного процесу при спіканні гранульованої шихти:

- 1- антрациту; 2 – коксового дріб'язку;
- 3 – суміш антрациту і коксового дріб'язку

Однією з причин відміченої невідповідності експериментальних даних є різні умови проведення спікань, в першу чергу в газодинамічних умовах горіння палива в шарі: якщо в дослідях [7] шляхом якісного грудкування шихти забезпечувалася її висока газопроникність і швидкість спікання 22-44 мм/хв

(див. рис. 2.2), то в дослідах [12] були гірші умови для горіння палива, збільшення витрати якого, хоча і підвищувало вихід придатного, але не в такій мірі, щоб перекрити зниження швидкості спікання.

З метою інтенсифікації агломераційного процесу при роботі на антрациті і кам'яному вугіллі, було здійснено спікання ретельно окомкованої шихти [11, 12], що практично не містила грудок крупністю < 1 мм, причому 60-80 % шихти складала грудки крупністю > 3 мм. Спікання окомкованої таким чином шихти здійснювалося при високих швидкостях руху зони горіння, що перевищують у всіх випадках 30 мм/хв (рис. 2.5).

Заміна коксового дріб'язку антрацитом, так само, як і в попередніх дослідах (див. рис. 2.3), призводить до зниження швидкості спікання, але в значно меншій мірі. При частковому використанні антрациту в суміші з коксовим дріб'язком найбільше гальмування викликає добавка 10-30 % антрациту; подальше збільшення його долі в паливі мало впливає на швидкість спікання (див. рис. 2.5). Температурний рівень процесу знижується по мірі збільшення долі антрацитного штибу в паливній суміші, проте в цілому зміна максимальної температури в зоні горіння не перевищувала 50 °С і не приводила до її пониження менше, ніж 1300 °С. Окисленість агломерату при використанні антрациту в цьому випадку практично не підвищується, а в окремих випадках навіть знижується в порівнянні з роботою на одному коксовому дріб'язку. Високі швидкості спікання гранульованої шихти зумовлюють і відповідні показники продуктивності агломераційної установки, які по мірі збільшення долі антрациту знижуються від 2,0 до 1,64 т/(м²ч).

На рис. 2.6 приведені результати дослідів по спіканню гранульованої шихти на вузькокласифікованому паливі: залежність швидкості агломерації від крупності палива екстремальна, вихідна гілка кривої пов'язана із забезпеченням кращого доступу кисню до поверхні паливних часток при збільшенні крупності палива від 0-0,5 до 1,0-1,6 мм, оскільки тонкоподрібнене паливо (0-0,5 мм) виявляється щільно загорненим в грудках шихти. Подальше укрупнення паливних часток призводить до зниження швидкості спікання через значне

збільшення тривалості горіння самих часток і деякого погіршення показників грудкування шихти, пов'язаного із зростанням в ній вмісту класу 0-1 мм [11].

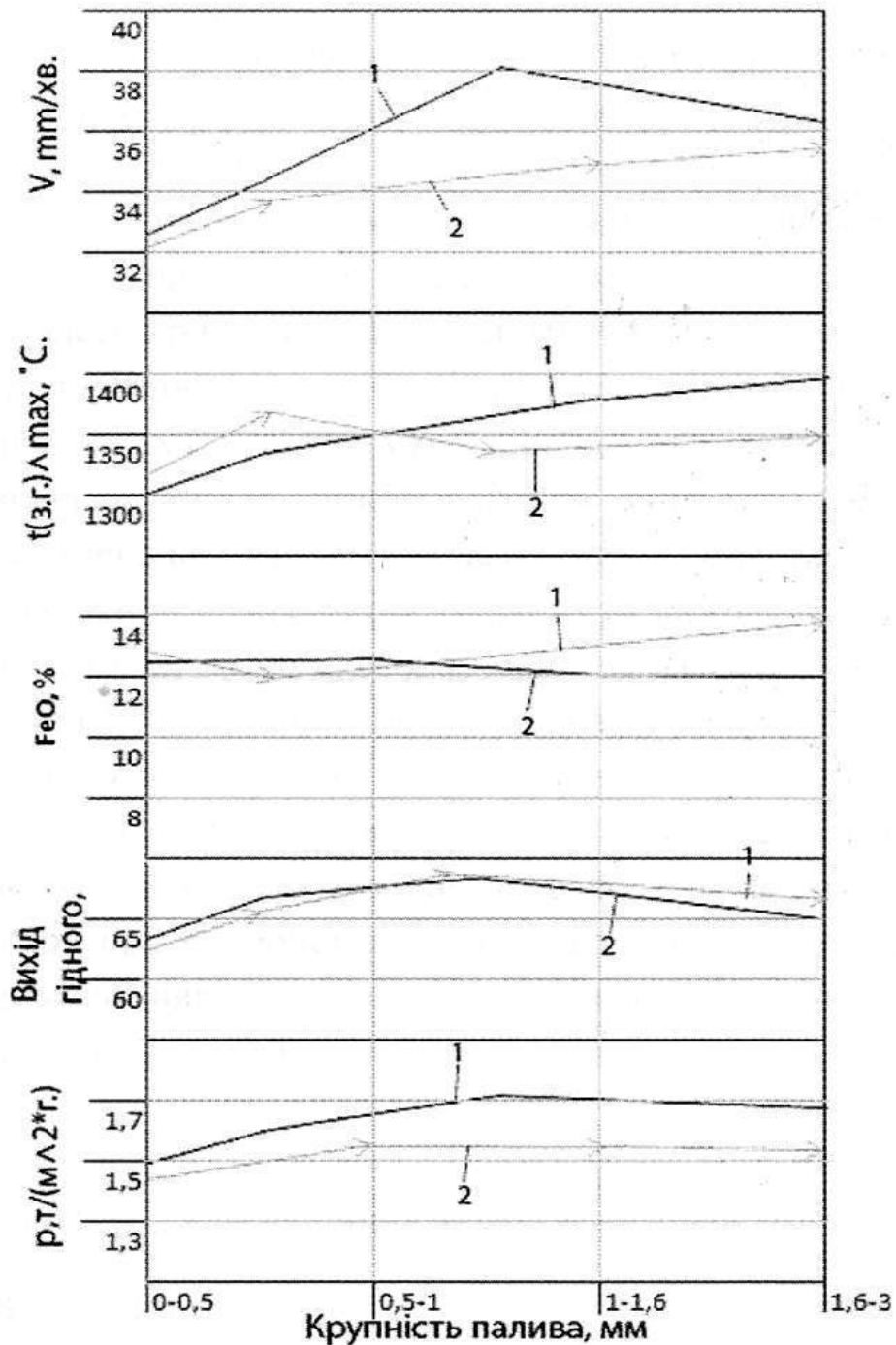


Рис. 2.6 – Технологічні показники агломераційного процесу на вузькокласифікованому паливі:

1- коксовий дріб'язок; 2 – антрацитний штиб

В умовах роботи на паливі крупністю 0-0,5 і 0,5-1 мм заміна коксового дріб'язку антрацитом трохи позначається на швидкості процесу, проте деяке уповільнення швидкості горіння паливних часток такої крупності позитивно впливає на температурний рівень процесу і розвиток відновлення і плавлення шихти. Найбільша різниця показників якості агломерату на антрациті і коксовому дріб'язку має місце при зіставленні дослідів на паливі крупністю 1,0-1,6 мм, використання якого забезпечує найвищу питому продуктивність установки при роботі на коксовому дріб'язку і практично не впливає на продуктивність при порівнянні з класом 0,5-1 мм в разі використання антрациту (оскільки одночасно має місце зниження температурного рівня і виходу придатного).

Таким чином, для інтенсифікації агломераційного процесу при роботі на антрацитному штибі, поряд з вдосконаленням способу грудкування шихти, доцільно дещо понизити (в порівнянні з коксовим дріб'язком) верхню межу дроблення палива і, по можливості, скоротити використання в процесі спікання тонких фракцій палива 0-0,5 мм. Зазначені рекомендації щодо інтенсифікації агломераційного процесу на антрациті пов'язані з необхідністю значних удосконалень схеми грудкування шихти і підготовки палива, направлених на поліпшення газопроникності шихти і відповідне підвищення швидкості фільтрації повітря через шар.

Останнє може бути до певної міри досягнуте (при існуючій потужності ексгаустера) шляхом зниження висоти шару спікаємої шихти, тому були проведені визначення оптимальної, з точки зору продуктивності установки, висоти шару при використанні різних сортів твердого палива, ситовий склад яких штучно вирівнювався для виключення дії цього чинника на показники процесу (таб. 2.3).

Таблиця 2.3

Технічний аналіз та ситовий склад агломераційного палива

Вид палива	Технічний аналіз палива, %				
	W _p	A _c	V _r	S _c	
Коксовий дріб'язок	10,44	12,6	1,78	1,82	
Антрацитовий штиб	5,0	25,5	1,77	3,43	
Газове вугілля	8,6	9,5	32,3	0,6	
Вид палива	Технічний аналіз палива, %				
	> 3 мм	1,6-3 мм	1-1,6 мм	0,5-1 мм	< 0,5 мм
Коксовий дріб'язок	-	25	25	25	25
Антрацитовий штиб	-	25	25	25	25
Газове вугілля	-	25	25	25	25

У міру збільшення висоти шару, швидкість спікання монотонно зменшувалася, причому в найбільшій мірі це відносилось до активніших видів палива – коксового дріб'язку і газового вугілля. У той же час завдяки розвитку регенерації тепла зростає температурний рівень процесу, про що свідчать результати виміру температур в зоні горіння (на постійному рівні від колосникових ґрат) і димових газів, що відходять. Відповідно до температурних умов процесу спостерігається поліпшення якості спека, що супроводжується збільшенням виходу придатного.

Оскільки чинники, що визначають величину продуктивності установки, міняються взаємно протилежно, залежність продуктивності установки від висоти шару має екстремальний характер. Оптимальна висота шару залежить від реакційної здатності використовуваного твердого палива. При роботі на найбільш активному в умовах дослідів коксового дріб'язку можливе деяке підвищення шару в порівнянні з антрацитом і газовим вугіллям), що сприяє досягненню найвищої продуктивності установки.

Багатий промисловий досвід використання антрациту замість коксового дріб'язку в агломераційному виробництві в нашій країні [13-15] дозволив розробити норми якості антрацитного штибу для агломерації залізняку і концентратів (ГОСТ 10566-63): вологість W_p - не більше 7,5 %; зольність A_c – не

більше 15 %, вміст сірки $S_{\text{общ}}$ - не більше 1,5 % і вміст дріб'язку величиною $< 0,5$ мм – не більше 20,0 %.

Зазначаємо, що підготовці палива необхідно приділяти серйозну увагу. Розмір частки пального має великий вплив на хід процесу. Чим більше зерно пального, тим більший період його горіння, і тим більшу відновну і теплову дію надає воно на навколишні рудні частки. У всіх наших дослідженнях збільшення крупності пального давало «гарячий» агломерат. Наявність часток різної крупності впливає і на хід процесу [20].

Результати досліджень по впливу величини палива на якість агломерату, приведені в таблиці 2.4, показують, що при однаковій витраті палива на процес спікання агломерат, отриманий на паливі фракції 1-3 мм, характеризується вищим вмістом закису заліза в порівнянні з агломератом, отриманим на паливі величиною < 1 мм.

Звертає на себе увагу факт появи в агломераті помітних кількостей металевого заліза. Крім того, крупність пального має великий вплив на реакції твердих фаз. Наприклад, вміст Fe_2SiO_4 значно збільшується із зростанням крупності пального.

Таблиці 2.4.

Зміна хімічного складу агломерату при використанні палива різного діаметру

Крупність палива, мм	Кількість палива, %	Хімічний склад агломерату, %		
		$Fe_{\text{(общ)}}$	$Fe_{\text{(мет)}}$	FeO
0-1	3	62,25	0,91	7,39
	6	64,15	1,34	26,75
	9	67,55	2,20	46,14
	12	65,10	3,66	49,34
	15	68,30	3,66	60,99
1-3	3	63,80	0,86	15,94
	6	66,73	2,20	37,23
	9	65,84	4,10	50,97
	12	68,23	2,94	59,52
	15	67,77	4,77	67,28

Дрібне паливо може бути розподілене в шихті більш рівномірно, його згорання відбувається інтенсивніше, проте надмірно дрібне паливо погіршує перебіг процесу агломерації; залежно від величини палива міняється вміст закису заліза в спекі [20].

В даний час технологічними інструкціями аглофабрик верхня межа дроблення палива обмежена розміром часток 3 мм при вмісті в паливі фракцій більше 3 мм не вище 4-7 %.

Дослідами, проведеними в ЛГП з використанням тонкоподрібнених концентратів [19], показано, що при зменшенні величини коксового дріб'язку різко погіршується механічна міцність агломерату. Пониження верхньої межі дрібнення коксового дріб'язку з 3 до 2 мм привели до зростання вмісту дріб'язку в агломераті після барабанного випробування з 28 до 38 % при вмісті в шихті 3% і з 23 до 25-30 % при 4-5 %. Отримані данні [12] пояснили швидше згорання дрібних часток палива і пониженням в результаті цього температури в зоні горіння, оскільки використання крупнішого коксового дріб'язку діє в дослідженому діапазоні крупностей як підвищення витрати палива на спікання.

Першими систематичними дослідженнями впливу крупності коксового дріб'язку на агломераційний процес були роботи на криворізьких рудах [13-15] і концентратах з використанням донецького коксового дріб'язку і антрацитного штибу.

Перш за все було встановлено (табл. 2.5) [3], що по мірі зростання величини палива в межах від 0 до 3,5 мм (при постійному вакуумі) змінюється окислювально-відновний потенціал продуктів горіння. Зокрема, відношення CO/CO_2 зменшується, тобто в ході спікання покращується використання вуглецю і одночасно в димових газах збільшується доля вільного кисню.

Зазначені закономірності добре узгоджуються з даними раніше розглянутих дослідів по шаровому спалюванню твердого палива різної реакційної здатності [2], в яких зменшення відношення CO/CO_2 в газах, що відходять, викликалося використанням палива із зниженою реакційною здатністю.

Таблиця 2.5

Зміна складу газу за процесом спікання при використанні суміші з 10 %
антрацитового штибу та 90 % коксового дріб'язку

Час початку	Склад газу, %, при крупності палива, мм											
	0-0,5				1-2				3-3,5			
	CO	CO ₂	H ₂	O ₂	CO	CO ₂	H ₂	O ₂	CO	CO ₂	H ₂	O ₂
2	0,86	16,30	0,72	8,15	0,85	11,60	0,45	8,55	0,06	7,25	0,42	11,90
3	0,91	16,35	0,67	7,00	0,88	13,30	0,58	8,75	0,10	8,75	0,42	12,10
4	0,98	17,05	0,72	7,55	1,03	13,25	0,52	8,15	0,25	10,28	0,45	11,90
5	1,02	18,00	0,78	7,10	1,21	14,50	0,58	7,30	0,62	11,70	0,52	11,30
6	1,26	19,30	0,85	6,35	1,34	14,42	0,58	7,55	0,88	12,60	0,54	10,80
7	0,87	13,55	0,56	6,45	1,00	11,90	0,46	9,56	0,97	12,68	0,54	11,20
8	0,10	4,25	0,22	13,90	0,14	3,90	0,25	12,20	0,88	5,50	0,38	14,40

Однією з причин низьких показників роботи агломераційної установки на дрібнішому паливі була погана комкуємість шихти при паливі величиною 0-0,5 мм (рис. 2.7) [14]; вихідна газопроникність шихти послідовно зростала від 0,36 до 0,54 м³/(м² · с) із збільшенням часток палива від 0-0,5 до 3-3,5 мм.

З метою підвищення ефективності використання вуглецю палива при агломерації і скорочення його витрати були проведені дослідження процесу спікання на класифікованому паливі з відсівом найбільш дрібної фракції (0-0,5 мм) (табл. 2.6, 2.7) [14, 15].

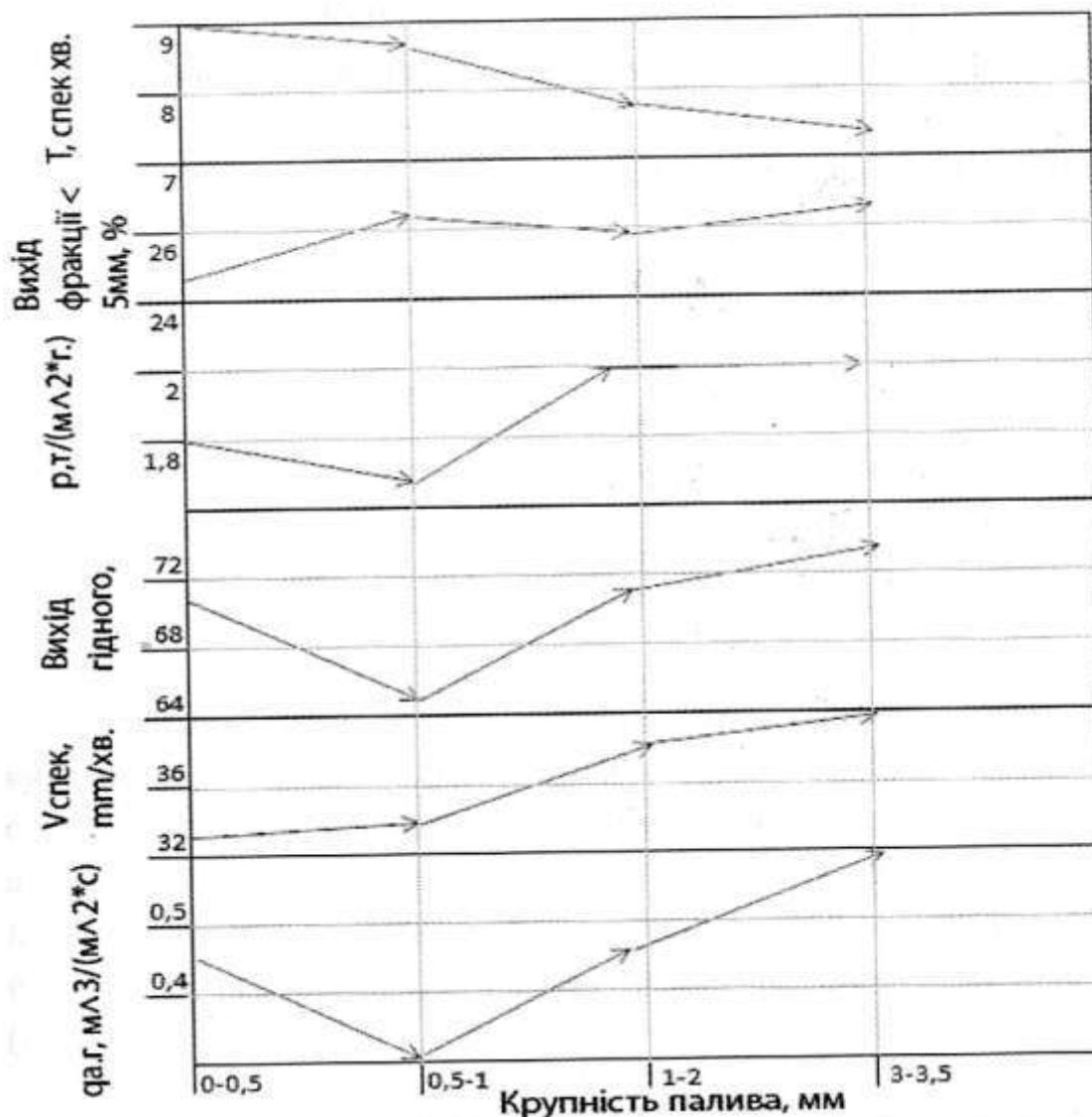


Рисунок 2.7 – Показники процесу агломерації при використанні коксового дріб'язку різної крупності

В ході грудкування шихти частки палива величиною 0-0,5 мм скочуються в грудки, у зв'язку з цим дифузія кисню до них погіршується і процес з використанням палива даного класу йде найдовше. З найбільшою швидкістю розвивається спікання на крупному паливі (3-3,5 мм), що забезпечує високу газопроникність шихти. Проте, в силу менш рівномірного розподілу палива в шихті, зона горіння в цьому випадку, так само, як і в попередньому, виявляється розтягнутою по висоті.

Таблиця 2.6

Кількість залишкового вуглецю при агломерації
на класифікованому коксовому дріб'язку

Агломерат	C _(зал) , %, при крупності палива, мм			
	0-5	0-0,5	1-2	3-3,5
Після випробування в барабані	0,19	0,21	0,15	0,54
Зворот	0,58	0,91	0,24	1,17

Таблиці 2.7

Зміна показників агломераційного процесу при відсіві із коксового дріб'язку
класу 0-0,5 мм

Показники	Серія дослідів				
	1	2	3	4	5
Ситовий склад, %, палива по крупності, мм: 0-0,5	33,5	40	10	0	0
0,5-1	9,4	10	4,1	14,1	14,1
1-2	35,4	43,2	53,2	53,2	43,2
2-3	21,7	6,8	32,7	32,7	42,7
Витрати вуглецю на спікання, %	3,95	3,95	3,75	3,35	3,05
Склад відхідних продуктів згорання, % CO ₂	19,54	20,50	17,95	17,48	17,00
CO	2,61	2,49	2,19	2,15	1,80
O ₂	3,11	2,87	4,34	5,03	5,91
CO/CO ₂	0,132	0,121	0,120	0,122	0,107
Вміст FeO у агломераті, %	19	20	17,5	17,2	16,5
Вихід гідного, %	79	81	80,5	82	81
Продуктивність пристрою, т/(м ² · г)	1,60	1,52	1,71	1,8	1,65
Вихід фракції 5 мм після дослідів у барабані, %	23	32	25	18	21

У шарі залишаються об'єми шихти, що не спеклася, отриманий агломерат виявляється неоднорідним. Робота на вказаних класах палива супроводжується великим залишком невикористаного вуглецю палива в агломераті і звороті: при спіканні на коксовому дріб'язку величиною 1-2 мм невикористаного вуглецю в агломераті виявляється в 1.7 рази, а в поверненні в 4 рази менше, ніж при спіканні на коксовому дріб'язку 3-3,5 мм (див. табл. 2.6).

Таким чином, висока газопроникність шару є необхідною, але недостатньою умовою для здобуття високих техніко-економічних показників роботи агломераційної установки: високі швидкості процесу горіння повинні доповнюватися концентрацією тепла у вузькій по висоті зоні спікання, що забезпечить інтенсивне плавлення шихти; серед розглянутих випадків оптимальним є паливо крупністю 1-2 мм.

Слід зазначити, що збільшення газопроникності шихти і відповідне зростання вертикальної швидкості спікання у міру укрупнення паливних часток може спостерігатися в різних діапазонах величини палива залежно від гранулометрії інших складових шихти.

Так, в умовах аглофабрики Західно-сибірського металургійного заводу при спіканні тонкоподрібненого коршунівського концентрату з добавкою шламів коксохімічного виробництва збільшення вертикальної швидкості спікання спостерігали лише по мірі зростання верхньої межі величини палива до 1,6 мм. Подальше його зростання привело до стабілізації швидкості переміщення зони горіння (рис. 2.8) [6].

Досліди на класифікованому паливі в даному випадку показали, що оптимальним є паливо, що має вузькі межі по розмірам часток 1,47-1,62 мм.

У промислових умовах здобуття в необхідних кількостях коксового дріб'язку вузького класу крупності є складним, тому особливий інтерес представляють дані про виробництво залізородного агломерату на паливі з відсівом тонких фракцій.

Відсів фракції 0-0,5 мм з коксового дріб'язку (див. табл. 2.7) сприяє ефективнішому використанню вуглецю палива і відповідному скороченню його

оптимальної витрати на спікання; в той же час, підвищення температурно-теплових умов процесу приводить до зростання виходу придатного, що супроводжується (при швидкості процесу, що збільшився) і вищими значеннями питомої продуктивності установки.

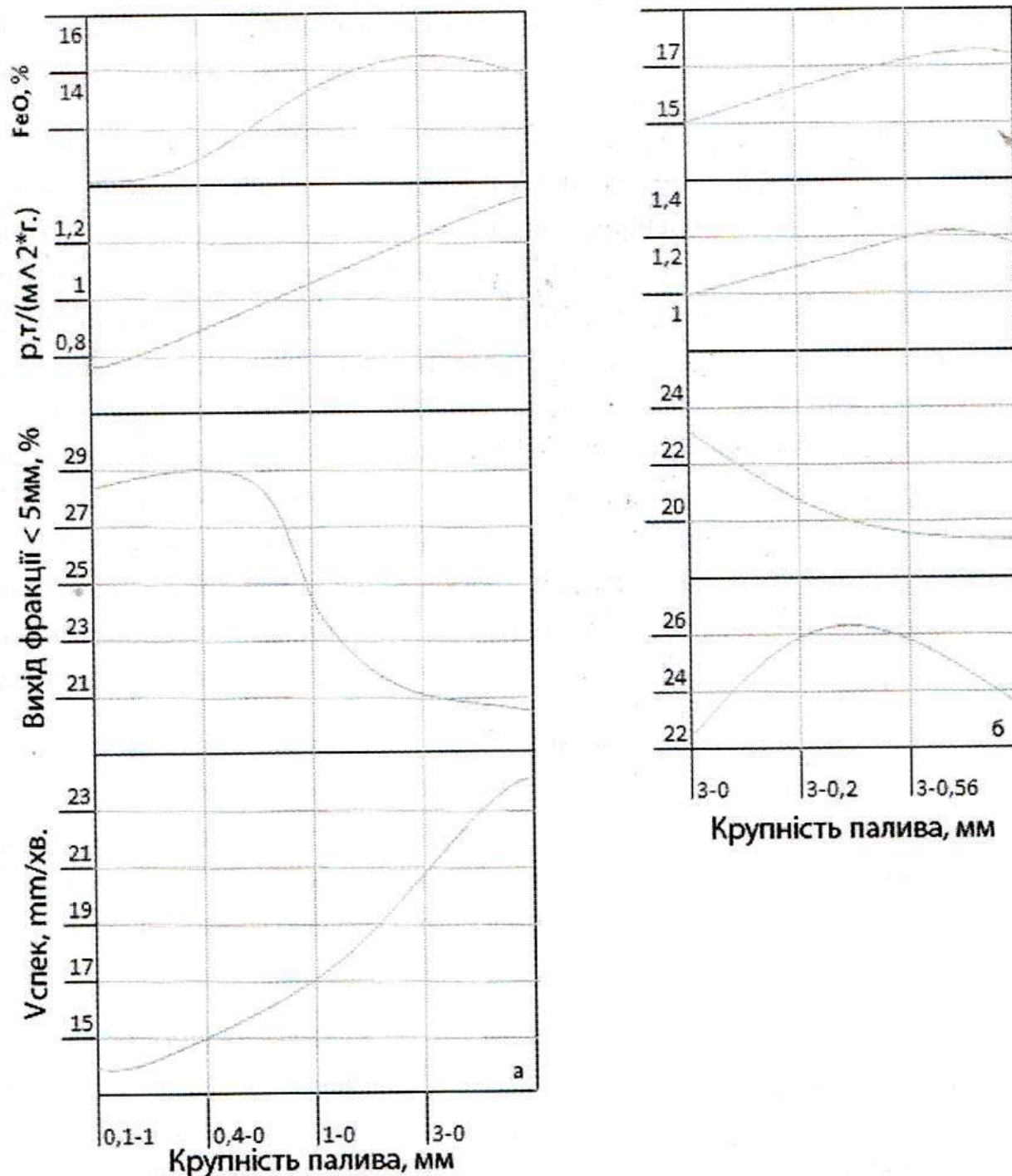


Рисунок 2.8 – Результати спікань при підвищенні верхньої межі крупності коксового дріб'язку (а) і відсів з неї дрібних фракцій (б)

Характерно, що вживання палива величиною 0,5-3 мм, не дивлячись на зниження вмісту вуглецю, привели до підвищення температури у верхній частині спікаємого шару на 250 °С. Враховуючи, що збільшення розміру паливних часток супроводжується скороченням їх питомої поверхні, а отже і реакційної здатності, приведені данні добре узгоджуються з раніше розглянутими закономірностями розподілу температури в агломераційному шарі при зміні реакційної здатності палива.

При необхідності виключення з коксового дріб'язку часток розміром $> 0,5$ мм свідчать також дані роботи [16], згідно з якими заміна в коксовому дріб'язку фракції $< 0,5$ мм фракцією 0-1 мм підвищує продуктивність установки на 35 %; вживання коксового дріб'язку > 3 мм знижує крупність і міцність агломерату при одночасному збільшенні вмісту в ньому закису заліза.

Запропоновані заходи по звуженню діапазону величини агломераційного палива мають важливе значення також і з точки зору зменшення його сегрегації по висоті шару шихти при завантаженні останньої на аглострічку. Відомо, що при використанні барабанних живильників, крупні куски палива (і інших матеріалів) концентруються в нижній частині шару, посилюючи властиву одношаровому спіканню агломерату температурну нерівномірність процесу по висоті шару [17].

Величина палива, маючи істотний вплив на температурно-тепловий режим спікання, знаходить віддзеркалення у мікро- і макроструктурі спека. Дослідження по впливу величини палива на мінералогічний склад агломератів були проведені Е.Б. Бушиною і Н.К. Корніловою під керівництвом проф. Е.Ф. Вегмана. Доведено [17, 18], що при крупності палива 3-5 і 5-7 мм блоки агломерату досягають значних, порядку 20-25 мм, розмірів.

В центрі таких блоків, як правило, знаходяться крупні пори. Ця обставина, поряд із слабкими контактами крупних блоків, що містять на периферії багато залишків первинної шихти (табл. 2.8), призводить до зниження міцності агломерату.

Таблиця 2.8

Мінералогічний склад агломератів, спечених на класифікованому паливі

Крупність коксу, мм	Зміст фази, %									
	гематит	Залишки шихти	магнетит	Зв'язка	ферити	2CaOx SiO	Вюстит	CaOx SiO	Залишки коксу	
0-0,05	7,95	7,95	55,48	26,80	0,40	0,31	0,50	0,61	-	
0,5-1	1,98	1,98	58,96	36,40	0,016	-	-	0,45	0,21	
1-2	2,78	2,78	57,65	35,10	0,022	-	-	0,033	1,40	
2-3	3,4	0	59,66	40,6	0,21	-	-	0,02	-	
3-5	4,5	4,5	56,90	33,4	0,23	-	-	0,47	-	

При дослідженні агломератів, спечених з паливом величиною 0-0,14 мм, блокової текстури не виявлено. Це можна пояснити наступним. Частки палива такої крупності при горінні не можуть розплавити оточуючих їх крупних гранул рудної частини шихти.

В результаті структура агломерату є хаотичним поєднанням силікатної зв'язки із залишками первинного гематиту і кварцу шихти. Також безладно розташовані ділянки підвищеної основності з феритами кальцію, що утворилися в твердій фазі.

Коксовий дріб'язок розміром 1-2 мм дає оптимальні по величині блоки, отже, і міцніший агломерат: випробування кубиків агломератів на руйнування під пресом (рис. 2.9) підтвердили, що агломерати, отримані при використанні коксового дріб'язку даної величини, є найміцнішими.

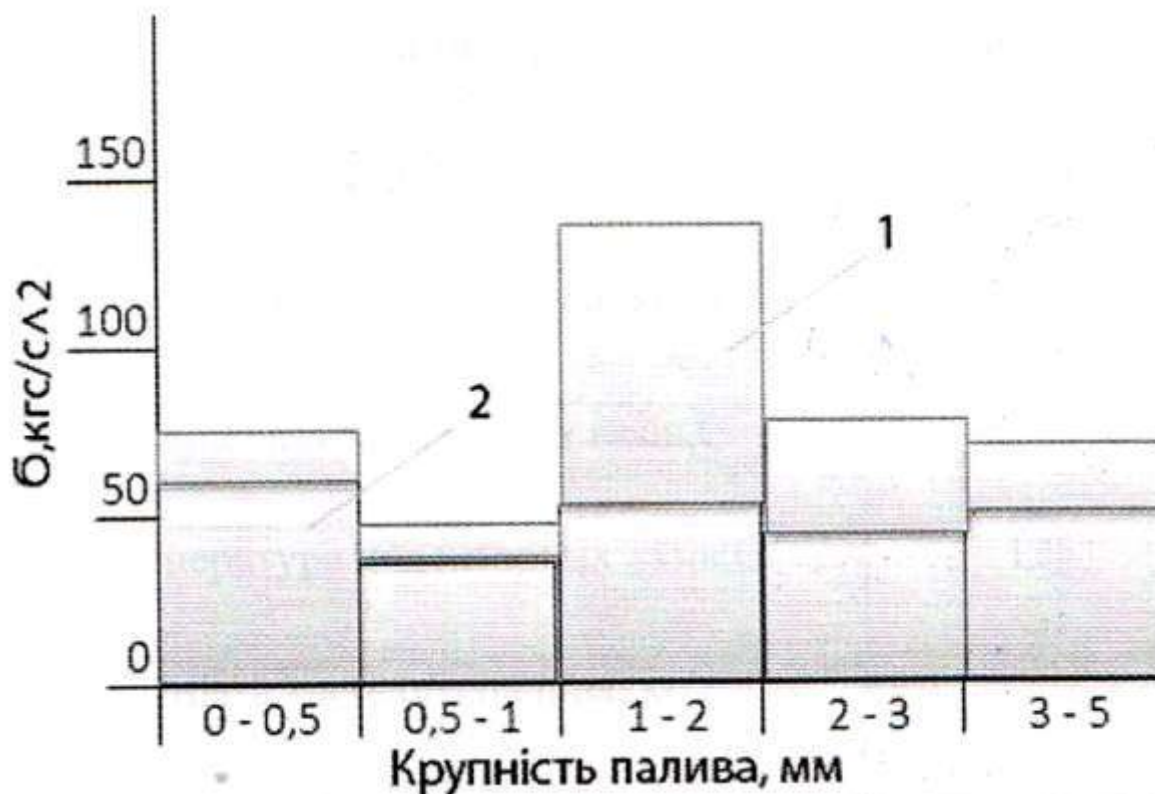


Рисунок 2.9 – Залежність міцності на стискування від крупності палива:

1 – паливо < 8 мм; 2 – паливо 3-5 мм,
де G , кгс/см² - тиск на паливо, кгс/см²

За даними В.Я. Міллера із співробітниками [17], у міру зміни верхньої межі дрібнення коксового дріб'язку змінюється і характер пористості агломерату: наявність крупних кусків коксового дріб'язку (50 %) та антрацитового штибу (50 %) фракцією 0-3 мм.

Найменування показника	Показники	
Питома продуктивність установки, т/(м ² ·год)	1,5	1,4
Швидкість аглострічки, м/хв	3,1	3,0
Вихід агломерату, %	57,3	57,3
Висота шару шихти, мм	275	275

Залізо загальне, %	53,9-54,0	53,9-54,0
FeO, %	15,0	15,11
Витрати газу, м ³	1300	1300
Розрідження до БЦ, мм вод.ст.	600	600
Розрідження після БЦ, мм вод.ст.	400	400
Температура горіння газів, С	900-1250	850-1200
Витрати твердого палива, кг/т:	125	125
Антрацитовий штиб	-	40,0
Коксовий дріб'язок	100	40,0

Висновки по Основній частині

Процес агломерації виник як засіб грудкування руд кольорових металів і базувався на використанні тепла екзотермічних реакцій окислення сульфідів.

Для впровадження його в чорній металургії було потрібне спеціальне джерело тепла – подрібнене паливо, вдалим видом якого для цієї мети стали відсівки коксу, або коксовий дріб'язок.

Існуюча нестача коксового дріб'язку і теперішній час перекривається частково антрацитовим штибом. Найбільш перспективним напрямком у вирішенні питання агломераційного палива являється розробка технології виробництва нових видів агломераційного твердого палива.

В умовах роботи на паливі крупністю 0-0,5 і 0,5-1 мм заміна коксового дріб'язку антрацитом невеликою мірою позначається на швидкості процесу, проте деяке уповільнення швидкості горіння паливних часток такої крупності позитивно впливає на температурний рівень процесу і розвиток відновлення і плавлення шихти.

Для інтенсифікації агломераційного процесу при роботі на антрацитному штибі поряд із вдосконаленням засобу грудкування шихти доцільно декілька понизити (в порівнянні з коксовим дріб'язком) верхню межу дроблення палива.

Багатий промисловий досвід використання антрациту замість коксового дріб'язку в агломераційному виробництві нашої країни дозволив виробити норми якості антрацитного штибу для агломерації залізняку і концентратів (ГОСТ 10566-63): вологість W_p не більше 7,5 %; зольність A_c не більше 15 %; вміст сірки $S_{\text{собщ}}$ не більше 1,5 % і вміст дріб'язку величиною $< 0,5$ мм не більше 20,0 %.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Поняття охорони праці дається в ст. 1 Закону України «Про охорону праці». Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. В поняття охорони праці входять і всі ті заходи, що спеціально призначені для створення особливих полегшених умов праці для жінок і неповнолітніх, а також працівників зі зниженою працездатністю.

Крім Закону України «Про охорону праці», правове регулювання охорони праці закріплене в нормах КЗпП.

Дипломна робота передбачає вивчення теоретичних та експериментальних досліджень впливу різної кількості і крупності вуглецю в аглошихті на металургійні характеристики агломерату з метою їх покращення в умовах ВАТ «Південний ГЗК».

В даному розділі розглянуто основні шкідливі та небезпечні факти агломераційного цеху, а також запропоновані заходи щодо зменшення їх негативного впливу на умови праці і на організм людини, виконано розрахунок освітлювальної установки і числа ламп, необхідних для освітлення цеху, а також розрахунок імпульсивного опору заземлення проти грозового захисту.

3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників агломераційного виробництва

Агломераційне виробництво, яке характеризується великою інтенсивністю технологічного процесу, являється джерелом теплових виділень.

Такими джерелами являються технологічне обладнання (кожух горна аглострічки), гарячий агломерат та зворот, газу, які утворюються при продувці шихти, робота газових горілок в горні агломашини, готовий агломерат у хопперах. Інтенсивність випромінювання на робочих місцях коливається від 350 до 10500 Вт/м². Особливо інтенсивне теплове випромінювання відбувається на

робочих місцях на відмітці агломашин у спікальному відділенні, вимірюванні температури, огляді і заміні спікальних візків. Джерела теплових виділень обумовлюють і температуру на робочих місцях.

Агломераційні гази містять і пил. Кількість і хімічний склад пилу залежить від складу шихти і звороту, робочого простору агломашини, зволоження шихти та роботи екстаустера. Додатковими джерелами пилоутворення являються дозатори звороту та хвостова частина агломашини, стан аглохopperів, руйнування футеровки горна та інш.

Безпека праці при виробництві агломерату визначається справністю обладнання і правильністю роботи технічного персоналу. Операцією підвищеної небезпеки являється пробивка стаціонарного жолобу. Для запобігання травмування у випадках викиду агломерату або звороту в результаті потрапляння в нього недодрібнених кусків агломерату, який не відповідає технічним умовам, необхідно екранувати оглядові пройми посту, видаляти персонал із небезпечних зон, коли спеціально вивчені робітники його пробивають.

При прийманні або відсіканні газу на агломашини недопустима наявність людей на верхніх відмітках над конвертором, тому, що існує небезпека отруєння газом. Ця операція передбачає суворе виконання агломератником чи його підручним інструкції по прийманню чи відсіканню газу і погодженість в діях з оператором, та іншими робітниками спікального відділення.

Рівень безпеки агломераційного процесу досягається автоматизацією, механізацією виробничих процесів, що скорочує час безпосереднього контакту робітників з джерелами на благо сприятливих виробничих факторів і потребує від персоналу суворого виконання технологічної дисципліни і вимог техніки безпеки. Порушення вимог приводить до того, що протікання технологічного процесу в напівавтоматичному режимі буде мати значні відхилення від норми по параметрам безпеки і створить умови для аварійних ситуацій.

На рівень безпеки суттєвий вплив може спричинити склад відпрацьованих агломераційних газів. Так, склад газів регулюється складом шихти, кількістю

звороту та палива у шихті і продуктивністю ексгаустера. Умовами порушення безпеки являються відхилення від основних параметрів роботи газовивідного тракту або технології.

Особливо небезпечною є операція по заміні спікальних візків. Вимоги безпеки передбачають здійснення цих операцій зі спеціальних майданчиків, які обладнані теплозахисним екраном, при використанні засобів індивідуального захисту. Сам процес заміни потребує обережності, не допускається присутність людей, які не мають наряду-допуску та посвідчення стропальника.

3.2 Заходи по зниженню впливу небезпечних і шкідливих чинників

Для видалення шкідливих чинників (пилу, газів, пари, вологи, тепла) в заданій точці приміщення застосовуємо місцеві відсоси. Місцева механічна вентиляція складається з трубопроводу, приймача для уловлення шкідливих речовин і вентилятора. Забруднене повітря по трубопроводу заздалегідь поступає в обладнання для очищення і потім викидається в атмосферу.

Застосовується вентиляція для створення нормальних метеорологічних умов і видалення шкідливих речовин.

Залежно від способу переміщення повітря, вентиляція може бути природною і механічною. В нашому випадку доцільно організувати природну вентиляцію з переміщенням повітря під впливом природних чинників (різниці температур або вітрових напорів). За допомогою ліхтарів на дахах будівель ливарних дворів і отворів в стінах забезпечуємо необхідне відведення гарячого повітря. Одночасно виконана система механічної вентиляції для переміщення запиленого повітря за межі цеху. Вентиляційна система повинна складатися з великого числа окремих вентиляційних установок- припливних і витяжних.

Для попередження пилоутворення і зниження запиленості робочих місць:

- покращувати якість сировинних матеріалів, з максимальним скороченням і практично повною ліквідацією в них дріб'язку і пилу;

- застосовувати аспіраційне устаткування, відсос і фільтрацію запиленого повітря перед викидом його в атмосферу;
- герметизувати устаткування і робочі місця, зволожувати матеріали, що порошать;
- контролювати пилоуловлюючі пристрої вакуум-системи агломераційних машин і забезпечувати вміст пилу, що викидається в атмосферу, в межах санітарних норм;
- прибирати пил з ілюсаджувальних пристроїв гідрозмиву;
- застосовувати установки мокрого типу для збільшення ефективності пиловловлювання і стійкості роторів ексгаустерів.

Для зниження впливу шкідливої дії загазованості, проводимо:

- герметизацію газових трас, пилоуловлювачів і арматури;
- впроваджуємо комплексну автоматизацію і механізацію з дистанційним контролем і управлінням;
- ведемо облік небезпечних ділянок виробництва.

У загальний комплекс заходів щодо боротьби з шумом включаємо віброізоляцію і звукоізоляцію вентиляторів і повітроводів.

Істотне зниження аеродинамічного шуму забезпечуємо:

- доведенням режиму роботи вентилятора до максимального значення ККД;
- зниженням частоти обертання колеса в межах забезпечення необхідної подачі;
- застосуванням глушників різного типу.

Найпростішими і найефективнішими є глушники активного шуму, в яких звукова енергія поглинається звукопоглинальним матеріалом. Такі глушники найбільш ефективні на середніх і особливо на високих частотах.

Для зниження шуму на шляху його розповсюдження, встановлюємо перешкоди звукових коливань.

Умови виробничої обстановки визначають вимоги безпеки до пристроїв і експлуатації електроустановок. Так, електродвигуни використовуємо відкритого типу, захищені, закриті, вибухозахищені, вибухонепроникні.

Проникнення вибухонебезпечної пари і газів під корпус вибухозахищених електродвигунів повністю виключається, що запобігає вибуху в приміщенні.

При розмиканні електричних ланцюгів у момент включення і відключення електроустановок виникає електрична дуга, тому застосовуємо вимикачі різних конструкцій: повітряні, масляні, безмасляні.

Повітряні вимикачі – рубильники і вимикачі коробчатого типу застосовуємо в електроустановках напругою до 500 В. Рубильники, що встановлені у виробничих приміщеннях на розподільних щитах, забезпечені захисним кожухом, виготовленим з вогнестійкого або напіввогнестійкого матеріалу. Доступні для дотику металеві кожухи заземлено. У розподільних пристроях напругою вище 1000 В застосовуємо вимикачі з малим об'ємом масла.

Повну безпеку від ураження електричним струмом забезпечують магнітні пускачі. Для захисту електроустановки від перевантажень, застосовуємо плавкі запобіжники.

Для зменшення тепловипромінювання необхідно максимально знижувати температуру джерел випромінювання тепла. Ефект від зниження температури джерел випромінювання тепла здійснюємо збільшенням товщини стінок агрегатів, теплоізоляцією їх зовнішньої поверхні або охолодженням цих поверхонь.

Для захисту від тепловипромінювання працюючих разом із зменшенням інтенсивності випромінювання встановлюємо між джерелами тепловипромінювання і робітником екрани або завіси, що затримують інфрачервоне випромінювання. Для послаблення дії теплових випромінювань на організм людини, встановлюємо раціональний питний режим – забезпечуємо робочих гарячих цехів підсоленою газованою водою, білково-вітамінним напоєм і т.п.

Повну безпеку від ураження електричним струмом забезпечують магнітні пускачі. Для захисту електроустановки від перенавантажень застосовуємо плавкі запобіжники.

Для зменшення тепловипромінювання необхідно максимально знижувати температуру джерел випромінюючого тепла. Ефект від зниження температури джерел випромінювання тепла здійснюємо збільшенням товщини стінок агрегатів, теплоізоляцією їх зовнішньої поверхні або охолодженням цих поверхонь.

3.2.1. Вибір засобів індивідуального захисту

Для безпечної роботи робітників аглоцеху забезпечують спецодягом, спецвзуттям і іншими засобами захисту, згідно «Типових галузевих норм безплатної видачі робітникам і службовцям спеціальної одежі, взуття та інших засобів захисту». Спецодяг захищає людину від променистого і конвективного тепла, пилу і забруднюючих речовин. Агломератники та машиністи одержують сукняні костюми і шкіряні черевики, строки носіння яких нормуються (табл.3.1).

Костюми шують із грубововняного, щільного і теплоізоляційного матеріалу, який оберігає тіло від термічних опіків і механічних уражень скалками. Тонкий шар повітря, утримуваний грубим ворсом, захищає від теплового опромінення.

Таблиці 3.2

Норми видачі спецодягу для робітників агломераційного цеху на одну особу

Найменування спецодягу	Кількість, шт	Інтервал видачі
Куртка сукняна	1	12 міс
Штани сукняні	1	12 міс
Черевики шкіряні	1 пара	12 міс

Костюм бавовняний	1 пара	12 міс
Рукавиці брезентові	1 пара	12 міс
Окуляри захисні	1	У міру зношування
Каска	1	36 місяців
Беруші	1 пара	Щодня
Мило	2	Щомісяця
.Респіратор «Пелюсток»	1	Щодня

3.2.2. Вибір санітарно-побутових приміщень і пристроїв

До побутових відносяться приміщення для задоволення санітарних і побутових потреб під час перебування працівників на роботі: приміщення для прийому їжі, вбиральні, душові, вмивальні, курильні, пральні, кімнати обігріву працюючих і питного водопостачання (табл. 3.3).

Побутові приміщення, якими користуються робітники в неробочий час, розміщуються поза цехом. При великій кількості працюючих в цеху, побутові приміщення розміщуються в окремо розташованих будівлях, сполучених з ним надземними галереями або тунелями.

Допоміжні відділення цехів, розташовані на деякій відстані від головної будівлі, мають свої побутові приміщення, що складаються з роздягальні, душової, кімнати для прийому їжі.

Побутові приміщення розташовуються ближче до цеху. За наявності в цехах газів, диму та іншого, побутові приміщення розташовують з навітряного боку цеху. Планування побутових приміщень виключає зустрічні потоки працюючих.

На території підприємства створюємо впорядковані озеленені майданчики для відпочинку. Їх розміщують на ділянках території між будівлями, вільних від використання у виробничих цілях, і в зоні найменшого впливу виробничих шкідливостей.

Для роздачі питної води встановлюють фонтанчики, закриті баки з фонтануючими насадками. Температура води при роздачі 8-20 °С. Питна вода може бути сирою, якщо вона безпечна для вживання, або остудженою кип'яченою. У гарячих цехах робочих забезпечують також підсоленою газованою водою з вмістом солі до 0,5 %, з розрахунку 4-5 літра на одну людину в зміну. Для подачі газованої води встановлюємо спеціальні пункти з водострумним промиванням склянок. Пункти ізолюємо від пилу, кіптяви та інших шкідливих чинників виробничого середовища. Відстань від робочих місць до питних установок – не більше 75 м.

Таблиця 3.3

Забезпечення санітарно- гігієнічними і побутовими приміщеннями у спікальному відділенні

Найменування	Максимальна кількість працівників в зміну	Розрахункове значення	Фактичне значення
Гардеробна	40	40	40
Душова (сітка)		3	3
Вмивальні		21	21
Приміщення для прийому їжі		2	2
Туалети		3	3
Питні фонтанчики		6	6

Висновок: заходи щодо впровадження технології спікання агломерату, запропоновані в дипломній роботі, виконуються штатними співробітниками агроцеху ВАТ «Південний ГЗК», тому установка додаткових санітарних приміщень не потрібна.

3.3 Пожежна безпека

З метою зменшення небезпеки виникнення пожежі, варто застосовувати заходи щодо локалізації її поширення. Швидкість поширення пожежі багато в

чому залежить від того, які матеріали застосовуються для будівництва будівель і споруджень. Підвищити вогнестійкість будівель і споруджень можна облицюванням або оштукатурюванням металевих конструкцій. Перевагою користуються облицювальні матеріали, що володіють мінімальною масою і мінімальним коефіцієнтом температуропровідності. Використовуються спеціальні фарби і просочувальні речовини для підвищення вогнестійкості деревини (антипірини).

Системи електричної пожежної сигналізації виявляють початкову стадію пожежі (загоряння) і повідомляють про місце його виникнення. Найпоширенішою системою сигналізації є електрична (ЕПС).

Осередок горіння виявляють шляхом реєстрації оптичного випромінювання і мерехтіння полум'я, задимленості, теплового випромінювання, зміни температури і тиску. Залежно від способу реєстрації. Датчики систем пожежовибухозахисту розділяються на датчики: 1) полум'я; 2) димові; 3) теплові; 4) іонізаційні; 5) датчики тичку; 6) комбіновані (реєструють кілька параметрів).

Для ліквідації виниклої пожежі необхідно припинити надходження в зону горіння повітря і горючих речовин або знизити їхнє надходження до значень, при яких горіння не відбудеться. При цьому повинні бути виконані наступні умови:

- остудити зону горіння нижче температури самозаймання або понизити температуру палаючої речовини нижче температури займання;
- розбавити реагуючі речовини негорючими речовинами;
- ізолювати горючі речовини від зони горіння.

До вогнегасних речовин і засобів гасіння відносять:

- воду (подається в осередок горіння суцільним струменем або в розпиленому стані);
- хімічну і різної кратності повітряно-механічну піну (ізолююча дія);
- інертні гази (водяна пара і діоксид вуглецю) – дія, що розбавляє;

- галогенвуглецеводні речовини, що володіють властивостями хімічних інгібіторів;
- порошкові речовини;
- комбінації цих речовин.

Вибір засобів і способів пожежогасіння зводиться до забезпечення надійного гасіння швидко і з мінімальними витратами.

До основних елементів устаткування водного пожежогасіння на об'єктах відносять пожежні гідранти, пожежні крани, пожежні рукава, насоси та інш.

Пожежні гідранти використовують для відбору води із зовнішнього водопроводу. Біля місця їхнього розташування повинні бути встановлені покажчики з нанесеним на них буквенним індексом «ПК», цифровими значеннями відстані в метрах від покажчика до гідранта, внутрішнього діаметра трубопроводу в міліметрах, вказівкою виду водогінної мережі (тупикова або кільцева).

Пожежні крани розміщуються у вбудованих або навісних шафах, які мають отвори для провітрювання і пристосовані для опломбування і візуального огляду їх без розкриття. На дверцятах пожежних шафок повинні бути зазначені після буквенного індексу «ПШ» порядковий номер крана і номер телефону для виклику пожежної охорони.

Для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожежу початкової стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них належать : вогнегасники, які діляться на пінні, газові і порошкові, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати), пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири і т.п.), їх застосовують для ліквідації невеликих загорянь до приведення в дію стаціонарних і пересувних засобів гасіння пожежі або до прибуття пожежної команди.

Необхідна кількість вогнегасників та їх тип визначаються залежно від їх вогнегасної спроможності, граничної захищеної площі, категорії приміщень

за вибухопожежною та пожежною безпекою, а також класу пожежі, горючих речовин та матеріалів у приміщенні або на об'єкті. Відповідно до міжнародного стандарту (ISO № 3941-77) всі пожежі поділяються на 5 класів (табл. 3.4).

Кожне приміщення, цех, транспортні засоби повинні бути забезпечені такими засобами пожежогасіння.

Таблиця 3.4. – Класифікація пожеж

Клас пожежі	Характеристика горючих речовин та матеріалів або об'єкта, що горить
A	Тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір)
B	Горючі рідини або тверді речовини, які розтоплюються при нагріванні (нафтопродукти, спирти, каучук, стеарин та інш.)
C	Горючі гази
D	Метали та їх сплави (алюміній, магній, лужні метали)
(E)	Устаткування під напругою

Для захисту від ураження блискавкою агломераційного цеху розробляється заземлення проти грозового захисту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі розглянуто: вплив виду, кількості та крупність твердого палива агломерації на технологічні показники спікання, хімічний склад та металургійні характеристики агломерату.

1. Із розглянутих видів твердих палив як заміника коксового дріб'язку (антрацит, кам'яне та буре вугілля, кокс, отриманий у кільцевій печі, буровугільний напівкокс, торф'яний кокс) вважаю доцільним впровадження технології агломерації з використанням антрацитового штибу.

2. По крупності суміші твердого палива в агломерації вважається задовільною фракція 1-3 мм, але при теперішньому положенні на комбінатах допускається фракція 0-5 мм при мінімальних відхиленнях від норми. Кількість палива повинна забезпечувати таку висоту зони горіння, щоб встигли утворитися рідкі фази в кількості, яка забезпечує міцну зв'язку кристалів.

3. В кількості суміші коксового дріб'язку та антрацитового штибу технологія кожного підприємства передбачає свої показники, на прикладі «ПГЗК» витрата твердого палива складає приблизно 80 кг/т продукції.

4. Досвід використання антрациту замість коксового дріб'язку в агломераційному виробництві в нашій країні дозволив виробити норми якості антрацитового штибу для агломерації залізняка і концентратів (ГОСТ 10566-63): вологість W_p не більше 7,5 %, зольність A_c не більше 15 %, вміст сірки $S_{заг}$ не більше 1,5 % і вміст дріб'язку величиною $< 0,5$ мм не більше 20,0 %.

БИБЛИОГРАФИЧНИЙ СПИСОК

1. Андоньев С.М., Филиппев О.В. Пылегазовые выбросы предприятий чёрной металлургии: Учебное пособие. – М.: Металлургия, 1979. - 192 с.
2. Базилевич С.В., Вегман Е.Ф. Агломерация: Учебное пособие. – М.: Металлургия, 1967. – 3689 с.
3. Берштейн Р.С. Повышение эффективности агломерации: Учебное пособие. – М.: Металлургия, 1979. – 144 с.
4. Берштейн Р.С., Станишевский Б.А. Совершенствование технологии спекания агломерата: Учебное пособие. – Д.: Проминь, 1975. – 120 с.
5. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации: Учебное пособие. – М.: Металлургия, 1979. – 254 с.
6. Гусовский А.А. Окускование железных руд: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1963. – 61 с.
7. Зудин В.М., Сагайдак И.И., Якобсон А.П. и др. Получение горхоченного агломерата и использование его в доменной плавке. // Сталь, 1962, № 8, с. 675-679.
8. Корников Г.В., Иподенцев Н.С., Греков В.В. и др. Спекание высокозакисного агломерата. // Сталь, 2001, № 5, с. 27-31.
9. Макаев С.В., Фрейдензон Е.З., Пушкаш И.И. Производство высокоосновного доменного агломерата. // Сталь, 1969, № 8, с. 673-678.
10. Мендель М.Ш., Хантасташвили В.В. Влияние высокоосновного агломерата на показатели доменной плавки. // Металлург, 1965, № 11, с. 28-32.
11. Мигуцкий Л.Р., Лихорадов А.П., Малюта Д.И. Опыт получения стабилизированного сортированного агломерата и проведение опытной плавки на нём. // Сталь, 1967, № 1, с. 4-8.
12. Некрасов З.И., Гладков Н.А., Яковлев Ю.В. // Сталь, 1978, № 1, с. 11- 18.
13. Ильинский Б.Д. Охрана труда на предприятиях чёрной металлургии: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1979. – 256 с.
14. Утков В.А. Высокоосновный агломерат. – М.: Металлургия, 1977. – 156 с.

15. Шаврин С.В., Захаров И.Н. и др. Доменная плавка агломератов высокой основности // Сталь, 1981, № 6, с. 6-7.
16. Шатоха В.И. Охрана окружающей среды в доменном производстве.: Конспект лекций. – Днепропетровск: Порги, 1996. – 86 с.
17. Справочник агломератчика: Учебник для вузов. / А.Г. Астахов, А.И. Мачковский, А.И. Никитин, Н.В. Федоровский. – К.: Высшая школа, 1964. – 443 с.
18. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации: Учебник для вузов. – М.: Metallurgy, 1974. – 284 с.
19. Теория и практика управления агломерационным процессом: Учебник для вузов. / С.Б. Новак, Н.И. Гармаш, В.А. Мартыненко, А.В. Мартыненко. – К.: Высшая школа, 2006. – 267 с.
20. Карабасов Ю.С., Ваклавин В.С. Использование топлива в агломерации: Учебник для вузов. – М.: Metallurgy, 1976. – 264 с.
21. Брынза В.Н., Зиньковский М.М. Охрана труда в чёрной металлургии. – М.: Metallurgy, 1982. – 336 с.

Звіт подібності

метадані

Назва організації
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY
 Засновник:
Кравець Єгор Олександрович
 Автор: **Науковий керівник / Експерт**
Кравець Єгор Олександрович / **Чупринов Є.В.**
 Назва:
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уполномована особа.



25
 Довжина фраз для коефіцієнта подібності 2



11908
 Кількість слів

88191
 Кількість знаків

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових сплоринів. Ці сплорини в тексті можуть говорити про МОНІТИВІ маніпуляції в тексті. Сплорини в тексті можуть мати нависний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		0
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		291

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копію тексту означає в якості джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Порядковий номер	Назва та адреса джерела URL (назва бази)	Копія тексту	Кількість цитованих слів (членів фрази)
1	https://dspace.znu.edu.ua/bitstream/handle/12345/25054/%D0%A0%D0%85%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%80%D1%8F.pdf?sequence=1		127 1.07 %
2	https://dspace.znu.edu.ua/bitstream/handle/12345/25054/%D0%A0%D0%85%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%80%D1%8F.pdf?sequence=1		90 0.76 %
3	https://dspace.znu.edu.ua/bitstream/handle/12345/25054/%D0%A0%D0%85%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%80%D1%8F.pdf?sequence=1		69 0.58 %

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра металургійних технологій

ВІДГУК КЕРІВНИКА НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

бакалавра
(бакалавра, магістра)

Студента(ки) КРАВЕЦЬ ЄГОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(прізвище, ім'я та по-батькові)

групи МЧМ-21

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

(бакалавра, магістра)

Дослідження впливу кількості та гранулометричного складу твердого палива в аглошихті на технологічні показники спікання та металургійні характеристики агломерату з метою їх покращення

Обсяг пояснювальної записки і графічної частини:

пояснювальна записка	<u>69</u>
таблиць	<u>28;</u>
схем і рисунків	<u>9;</u>
листів графічної частини (демонстраційного матеріалу)	<u>21</u>

Якісні відмінності кваліфікаційної роботи бакалавра

(бакалавра, магістра)

В даній дипломній роботі розглянуто вплив виду, кількості та крупність твердого палива агломерації на технологічні показники спікання, хімічний склад та металургійні характеристики агломерату.

Із розглянутих видів твердих палив як замітника коксового дріб'язку раціональним визначено впровадження технології агломерації з використанням антрацитового штибу.

Пояснювальна записка викладена структуровано, а графічна частина містить ілюстрації, що сприяють наочному представленню отриманих результатів

Недоліки кваліфікаційної роботи бакалавра

(бакалавра, магістра)

Деякі дослідження могли бути викладені детальніше, щоб забезпечити кращу

відтворюваність результатів. Робота могла б містити більше порівняння

запропонованих методів спікання аглошихті із альтернативними технологіями.

Ці недоліки не знижують загальну якість роботи, але вказують на можливі напрями для вдосконалення.

Характеристика загальної, спеціальної і виробничої підготовки автора кваліфікаційної роботи бакалавра, ступінь самостійності виконання:

Здобувач Кравець Єгор Олександрович продемонстрував високий рівень теоретичної підготовки та здатність до аналітичного мислення. Особливо слід відзначити його самостійність у виконанні досліджень та ініціативність у виборі методів аналізу.

Автор успішно застосував отримані знання з металургійних технологій для розв'язання поставленого завдання.

Можливість використання кваліфікаційної роботи бакалавра

Результати роботи можуть бути використані для вдосконалення процесів агломерації на металургійних підприємствах. Пропозиції щодо обрання методу введення твердого палива в аглошихту мають практичну цінність і можуть бути впроваджені у виробничу діяльність

бакалавра

Оцінка кваліфікаційної роботи

Керівник Кассім Дар'я Олександрівна

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Проф., д.т.н.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

« 09 » липня 2025 р.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра металургійних технологій

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу _____ бакалавра
(бакалавра, магістра)
Студента(ки) _____ **КРАВЕЦЬ ЄГОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ**
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Групи МЧМ-21	
Тема кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> (бакалавра, магістра)
Дослідження впливу кількості та гранулометричного складу твердого палива в аглошихті на технологічні показники спікання та металургійні характеристики агломерату з метою їх покращення	
Тема спеціальної частини кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> (бакалавра, магістра)
Вплив різної кількості антрациту та коксового дріб'язку в аглошихті на технологічні показники її спікання, хімічний склад та металургійні характеристики агломерату	
Переваги кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> (бакалавра, магістра)
Робота присвячена вирішенню важливої виробничої проблеми — підвищенню технологічних показників спікання та металургійних характеристик агломерату за рахунок покращення кількості та гранулометричного складу твердого палива в аглошихті на	
Недоліки кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> (бакалавра, магістра)
У роботі недостатньо порівняно запропоновані рішення із сучасними альтернативними технологіями введення палива в агломераційну шихту. Деякі розділи могли б бути доповнені більш детальними розрахунками для покращення наукової доказовості	
Рекомендації:	
У подальших дослідженнях рекомендується розширити аналіз альтернативних матеріалів і технологій.	
Рецензент	Коренко М.Г. (прізвище, ім'я та по-батькові)

Доцент, к.т.н.
_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання)


_____ (підпис)

ДОВІДКА

про перевірку тексту роботи програмно-технічними засобами

Текст (вибрати необхідне):

- кваліфікаційної роботи;
- навчальної/наукової праці;
- наукових матеріалів.

«*Дослідження впливу кількості форми арифметичного складу ферроколій в алюмінії та технічних показників арифметичного складу на характеристики алюмінію з метою їх покращення*»
автором/авторами або виконавцем якої є:

Кравець Євг Володимирович

(ПІБ)

каф. металургійних технологій ННІТ
(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

обсягом *711* сторінок друкованого тексту перевірено програмно-технічним засобом «*Plagiatism*».

Рівень оригінальності становить *41,65*%.

При перевірці посилань програмою визначено окремі співпадіння із:

- власними публікаціями;
- термінологією;
- посиланнями на літературу, праці вчених;
- посиланнями на законодавство;
- загальноживаними фразами.

Матеріали було розглянуто та рекомендовано до

захисту на засіданні
(подальшого розгляду, друку, опублікування тощо)

кафедри металургійних технологій
(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія тощо)

Державного університету економіки і технологій від «*12*» *06* 20*25*р. протокол № *12*

Керівник підрозділу

(підпис)

Ініціал, ПРІЗВИЩЕ

Дата

12.06.25

ЗГОДА

здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, Кравець Євген Александрович, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «Детальне дослідження впливу кількості та фракційного складу твердого палива в акумуляторі на механічні показники спікання» виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

07.06.2025

Є.О.

Кравець Є. О.

(ініціали, прізвище, власноруч)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ДОВІДКА
про підготовку студента-випускника

КРАВЕЦЬ СТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Кафедра Металургійних технологій

Спеціальність 136 – Металургія

(онофр, назва)

Тема кваліфікаційної
роботи бакалавра

Дослідження впливу кількості та гранулометричного складу твердого палива в аглошикті на технологічні показники спікання та металургійні характеристики агломерату з метою їх покращення

Керівник кваліфікаційної роботи:

проф. д.т.н. Кассім Д.О.
(посада, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

Оцінки по розділах роботи

№ з/п	Найменування розділу проекту (роботи)	Консультант	Зараховано / не зараховано	Дата	Підпис консультанта	Примітка
1	Аналітична частина	Кассім Д.О.	зарах	09.06		
2	Основна частина	Кассім Д.О.	зарах	09.06		
3	Охорона праці	Кассім Д.О.	зарах	09.06		

Завідувач кафедри

(підпис)

Д.О. Кассім

(ініціали, прізвище)

« 09 » червня 2025 р.