

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ІНІ/факультет Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра Хімічних технологій та інженерії
Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
Форма навчання Денна

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Єрмоченко Вадим Валерійович

на тему Нові технологічні схеми і рішення в процесі
реконструкції об'єктів розсіву коксу

науковий керівник к.х.н., доцент



Кормер М.В.

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кат
від 14.01. 2025 р. № 8

Завідувач кафедри


к.т.н., доцент Шмельцер К.О.

Кривий Ріг – 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра Хімічних технологій та інженерії

Рівень вищої освіти другій (магістерський)
Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
(шифр і назва)

Завідувач кафедри

Хімічних технологій та інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

доцент, к.т.н.

Шмельцер К.О.

(посада, вчене звання,
прізвище ініціали)

(підпис)

« 15 » 01 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Єрмоченка Вадима Валерійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра «Нові технологічні схеми і рішення в процесі реконструкції об'єктів розсіву коксу»

керівник кваліфікаційної магістерської роботи

Кормер Марина Віталіївна, к.х.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 796-ст від «21» листопада 2024 р.

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 08.01.2025

3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи магістра _____

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

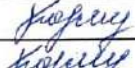
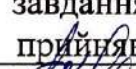
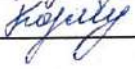

4.1 Аналітична частина: Аналіз сировинної бази коксування України та ПАТ «АМКР». Аналіз впливу гранулометричного складу коксу доменну плавку. Дослідження ефективності існуючих схем сортування. Схема коксортувальні ГИПРОкоксу. Сортування коксу з бункерами як елемент технології після камерного формування властивостей коксу. Конструкція коксортувальні з додатковим додрібненням коксу на грохоті. Технологічна схема коксортувальні на ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Аналіз схем механічної обробки та сортування коксу

4.2 Основна частина: Пропозиції по реконструкції схеми коксортувальні. Опис базової схеми сортування коксу КХВ ПАТ «АМКР» з дробленням фракції +80 мм, що реконструюється. Опис запропонованого валкового грохоту для механічної обробки коксу регламентованим тиском. Реконструйована схема сортування коксу з механічною обробкою коксу регламентованим тиском. Показники якості коксу отриманого за реконструйованою схемою. Розрахунок основного устаткування коксортувальні. Економічне обґрунтування розроблених технологічних рішень

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

Завданням графічний матеріал не передбачений

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналітична частина	Кормер М.В., доцент		
2 Основна частина	Кормер М.В., доцент		

7. Дата видачі завдання «15» листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	29.11.2024	
2.	Основна частина	20.12.2024	
3.	Оформлення пояснювальної записки	27.12.2024	
4.	Подання роботи до кафедри	15.01.2025	
5.	Захист роботи в ЕК	21.01.2025	

Здобувач


(підпис)

Єрмоченко В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Кормер М.В.
(прізвище та ініціали)

*Примітка. Бланк друкується з обох сторін на одному аркуші.

АНОТАЦІЯ

Срмоченко В.В. Застосування установок сухого гасіння коксу з метою підвищення його якості та енергозбереження. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія». Державний університет економіки і технологій. Кривий Ріг, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню стабільності якості коксу з можливістю поліпшення показників міцності.

В випускній кваліфікаційній роботі магістра досліджено основні технологічні аспекти експлуатації установок сортування коксу, їх переваги та недоліки.

На підставі аналізу технологічних та екологічних аспектів роботи установок мокрого гасіння, встановлено, що при сортуванні коксу можна стабілізувати гранулометричний склад та поліпшувати сталість коксу за міцністю.

В кваліфікаційній роботі запропоновано Пропонується встановити в існуючу схему сортування коксу два грохота з установкою для об'єднаної класифікації й механічної обробки коксу регламентованим тиском (МОТ). Грохот з МОТ встановлюємо в схему на місто 14-ти валкового грохоту.

Ключові слова: сортування, об'єднана класифікація, механічна обробка, валковий грохот, регламентований тиск, міцність, якість коксу.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Аналіз сировинної бази коксування України та ПАТ «АМКР»	9
1.2 Аналіз впливу гранулометричного складу коксу доменну плавку	15
1.3 Дослідження ефективності існуючих схем сортування	22
1.3.1 Схема коксортувальні ГИПРОкоксу	23
1.3.2 Сортування коксу з бункерами як елемент технології після камерного формування властивостей коксу	24
1.3.3 Конструкція коксортувальні з додатковим додрібненням коксу на грохоті	26
1.3.4 Технологічна схема коксортувальні на ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	29
1.4 Аналіз схем механічної обробки та сортування коксу	31
1.4.1 Схеми механічної обробки коксу у барабані	32
1.4.2 Механічна обробка коксу ударною плитою	36
1.5 Висновки та постановка задач проекту	40
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	43
2.1 Пропозиції по реконструкції схеми коксортувальні	43
2.2 Опис базової схеми сортування коксу КХВ ПАТ «АМКР» з дробленням фракції +80 мм, що реконструюється	44
2.3 Опис запропонованого валкового грохоту для механічної обробки коксу регламентованим тиском	46
2.4 Реконструйована схема сортування коксу з механічною обробкою коксу регламентованим тиском	48
2.5 Показники якості коксу отриманого за реконструйованою схемою	50
2.6 Розрахунок основного устаткування коксортувальні	56
2.7 Економічне обґрунтування розроблених технологічних рішень	57
2.7.1 Обґрунтування сутності запропонованих дослідницьких	

рішень і чинників, що обумовлюють їх економічну ефективність	57
2.7.2 Кошторис капітальних витрат на спорудження установки МОТ	58
2.7.3 Розрахунок експлуатаційних витрат на заходи технічного, технологічного та організаційного характеру	60
2.7.4 Розрахунок економії поточних витрат	60
2.7.5 Розрахунок економічного ефекту від запропонованих заходів	65
2.8 Екологічні аспекти роботи коксового цеху КХВ та заходи по захисту навколишнього середовища	66
2.8.1 Аналіз потенційних небезпек та заходи зниження їх впливу	67
2.8.2 Екологічна безпека	71
2.9 Висновки до основної частини	74
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	78
ДОДАТКИ	80

ВСТУП

В умовах дефіциту вугілля, яке добре коксується і легко збагачується, забезпечити високу якість коксу і стабільність його фізико-механічних властивостей дуже складно. На коксування надходять шихти сформовані з вугілля різних басейнів, які істотно відрізняються за технологічними властивостями. Неритмічність постачання вугільних концентратів на коксохімічні підприємства. Все це характеристики сучасної сировинної бази коксування.

Здатність коксу виконувати функції в доменному процесі обумовлюється сукупністю та рівнем його хімічних, фізико-хімічних і фізичних властивостей. При цьому якість коксу і його стабільність вирішальною мірою залежать від складу вугільної шихти, ефективності її підготовки, від режиму коксування та позапічної підготовки коксу. У зв'язку з цим одним із першочергових у низці заходів, спрямованих на поліпшення якісних показників коксу, є оптимізація схем сортування коксу. Одним із найважливіших засобів отримання коксу потрібної міцності і рівномірній кусковатості являється його механічне сортування. Випробування і практика роботи доменних печей показують, що тільки за рахунок зміни схеми сортування коксу, без будь-яких інших прийомів, можливо досягти істотного поліпшення техніко-економічних показників доменного процесу. Однією із важливостей зниження вмісту в доменному коксі кількості кусків крупністю >80 мм являється його механічна обробка. Однак в умовах дійсних заводів організація такого процесу у вигляді автономного елемента технології позапічного формування властивостей коксу дуже ускладнено. По цій причині треба використовувати усі етапи підготовки коксу для доменних печей (класифікація, транспортування, перевантаження, бункера та ін..) для організації механічної обробки у вигляді комплексу дискретних впливів. Установа МОТ володіє широкими можливостями регулювання продуктивності і величини механічного навантаження. Одним з найважливіших засобів отримання коксу потрібної міцності та рівномірної кусковатості є механічне сортування.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз сировинної бази коксування України та ПАТ «АМКР»

Вугільна сировинна база коксування заводів України як нині, так і в перспективі носитиме міжбасейновий характер. Основним компонентом українських ресурсів сировинної бази коксування є вугілля марки К шахтоуправління «Покровське», що збагачується на ТОВ «Збагачувальна фабрика «Свято-Варваринська». У структурі поставок імпортного вугілля в Україну часткова участь американського вугілля сягає 25-30 %. Загальна кількість вугілля далекого зарубіжжя (США, Канада, Австралія) може становити 35-38 %. Однією з умов збільшення їхньої пайової участі в шихтах є технологічна можливість приймання українськими морськими портами. Підвищення часткової участі петрографічно неоднорідного вугілля має враховуватися в технології їх підготовки та коксування.

Велика кількість шахт, що видобувають коксівне вугілля, залишилися на непідконтрольній території Донецької та Луганської областей. У Донецькій області до них належать шахтоуправління «Донбас» (шахта «Щегловська-Глибока», марки Ж і К), підприємства ДП «Макіїввугілля» (шахти Калинівська-Східна, марка К, і Ясинівська Глибока, марка ОС), ДП «ДУЕК» (шахта ім. Скочинського, марка Ж). У Луганській області залишилися шахти ПрАТ «Краснодонвугілля», (шахти Самсонівська Західна, Молодогвардійська, ім. Баракова, Дуванська - усі марка Ж; шахта Суходольська-Східна, марка К).

На підконтрольній території коксівне вугілля видобувають шахтоуправління «Покровське» (марка К), шахти ДП «Торецьквугілля» (Центральна і Торецька, обидві марка Ж), шахта Краснолиманська (марка Ж) і шахта ім. Святої Матрони (колишня Новодзержинська, марка Ж). Наявні ресурси українського коксівного вугілля не забезпечують потребу українських коксохімічних підприємств, незважаючи на істотне зниження потреби в доменному коксі. За наявності обмеженої кількості українського коксівного вугілля єди-

ним рішенням стало залучення імпортного вугілля ближнього (країн СНД) і далекого зарубіжжя [1-5].

Вугілля Карагандинського басейну Казахстану є власними активами компанії «Арселор», що зумовило їхнє залучення до сировинної бази коксування ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

У марочній структурі американського вугілля основне місце посідає жирне вугілля (тип ВЛК), діапазон їхньої пайової участі становить 50-70 % від обсягу поставок в Україну. Особливе технологічне значення також має вугілля марки ПС, єдиним постачальником якого є США. Їхня пайова участь у поставках становить 20-30 %.

З Австралії імпортується переважно вугілля марок Ж і КЖ, частка якого в обсязі вугілля, що поставляється в Україну, становить 70-80 %. З Канади завозять вугілля марки К, а також бінарні суміші марок К+КП.

Таким чином, структура імпортової складової сировинної бази коксування підприємств України може розглядатися як постачання двох складових: спікливої основи (марки Ж, КЖ, К), представленої вугіллям США, Австралії та Канади, і групи вугілля різних стадій метаморфізму (марки Г, ГЖП, КП, КС, ПС), представленої вугіллям Карагандинського басейну, та українським вугіллям. Основним вітчизняним компонентом сировинної бази коксування українських заводів є вугілля марки К ш/у «Покровське», збагачене на ТОВ «ОФ «Свято-Варваринська». З підприємств, що виробляють доменний кокс, на підконтрольній території знаходяться заводи ТОВ «МЕТІНВЕСТ ХОЛДІНГ» (Запорізький, Дніпровський і КХП ПрАТ «МК «АЗОВ-СТАЛЬ»), КХП ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», ПрАТ «Євраз ДМЗ» і ПрАТ «Євраз Південкокс».

Сировинна база ПАО «АМКР» формується вугільними концентратами, наступних постачальників:

1. Українське вугілля: ПАО «Інкомтрейдинг» (ЦЗФ «Укркокс» марки Ж, К); ПАО «Технологія» (ЦЗФ «Укркокс» марки Ж, К); ПАТ «Донецк

сталь» (ЦЗФ «ДМЗ» марки К; ПАО «Союзпромінвестдонбас» (ЦЗФ «Узловська», «Київська», «Калинінська», «Дзержинська» марки К, Ж).

2. Американське вугілля: ArcelorMittal Sourcing SA, Integrity CS, USA (марки HV, MV); ArcelorMittal Sourcing SA, (Alpha марки Kingston MV).

Долева участь у шихті коливається в наступних межах (на прикладі січня 2016 року), %: марка Ж (Укркокс) -5-6; Ж (Київська) – 11-14; Ж (Краснолиманська) – 3-8; Ж (Калинінська) 4-11; Ж (Печорська) – 12-17; К (Калинінська) -4; К (Північна) – 6-9; К (Узловська) -3-5; К (Укркокс) 3-5; К+КЖ (Східна) - 6-17; марки MV (Integrity CS, USA) -20-26.

Вихідними даними для розрахунку якості шихти є: а) склад шихти за марками та шахтами або ЦЗФ; б) якість вугілля окремих шахт або ЦЗФ.

На підставі наявних даних о постачанні та складі вугільних концентратах ПАО «АМКР» в даній роботі прийнята одна з типових шихт підприємства, що надана у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Якість вугілля та склад вугільної шихти

Марка вугілля	ЦЗФ	% частка у шихті	Технічний аналіз, %				Товщина пластичного шару, мм
			W_{sh}^r	A_{sh}^d	S_{sh}^d	V^{daf}	
Ж	Київська	10	11,5	9,8	1,35	30,6	25
2Ж	Печорська	12	8,4	8,3	0,61	30,1	18
ГЖ	Разпадське вугілля	36	13,6	8,7	0,60	37,5	17
К	Північна	10	11,5	11,4	0,64	23,2	13
К	Узловська	9	11,6	5,4	2,05	20,5	14
HV	Integrity	10	6,3	9,3	1,00	37,5	19
К+КЖ	Східна	13	10,8	11,9	0,62	26,8	15
Шихта		100	11,3	7,4	0,85	31,6	17,2

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [1]

Вміст вологи:

$$W_{ш}^r = \frac{10 \cdot 11,5 + 12 \cdot 8,4 + 36 \cdot 13,6 + 10 \cdot 11,5 + 9 \cdot 11,6 + 10 \cdot 6,3 + 13 \cdot 10,8}{100} = 11,3\%$$

(1.1)

Зольність:

$$A_{ш}^d = \frac{10 \cdot 9,8 + 12 \cdot 8,3 + 36 \cdot 8,7 + 10 \cdot 11,4 + 9 \cdot 5,4 + 10 \cdot 9,3 + 13 \cdot 11,9}{100} = 7,4\% \quad (1.2)$$

Вміст сірки:

$$S_{ш}^d = \frac{10 \cdot 1,35 + 12 \cdot 0,61 + 36 \cdot 0,60 + 10 \cdot 0,64 + 9 \cdot 2,05 + 10 \cdot 1,0 + 13 \cdot 0,62}{100} = 0,85\% \quad (1.3)$$

Вихід летких речовин:

$$V_{ш}^{daf} = \frac{10 \cdot 30,6 + 12 \cdot 30,1 + 36 \cdot 37,5 + 10 \cdot 23,2 + 9 \cdot 20,5 + 10 \cdot 37,5 + 13 \cdot 26,8}{100} = 31,6\% \quad (1.4)$$

Товщина пластичного шару:

$$y = \frac{10 \cdot 25 + 12 \cdot 18 + 36 \cdot 17 + 10 \cdot 13 + 9 \cdot 14 + 10 \cdot 19 + 13 \cdot 15}{100} = 17,2 \text{ мм} \quad (1.5)$$

Очікувана якість коксу, %. Вміст масової частки загальної сірки:

$$S_k^d = S_{ш}^d \cdot K_c, \quad (1.6)$$

де K_c - коефіцієнт перерахунку сірки 0,8

$$S_k^d = 0,85 \cdot 0,8 = 0,68\%$$

Вміст золи:

$$A_k^d = \frac{A_{ш}^d}{G_k} \cdot 100, \quad (1.7)$$

де G_k - вихід коксу від сухої шихти, 77,11 %

$$A_k^d = \frac{7,4}{77,11} \cdot 100 = 9,6\%$$

Величини виходу летючих речовин $V^{daf} = 31,6\%$ і товщини пластичного шару $y = 17,2$ мм дозволяють прогнозувати отримання доменного коксу задовольної міцності. Далі було розраховано матеріальний баланс коксування, результати розрахунку якого зведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Зведений матеріальний баланс коксування вугільної шихти

Прибуткова частина				Витратна частина			
Назва статті	Маса, кг	% склад		Назва статті	Маса, кг	% склад	
		На робочу шихту	На суху шихту			На робочу шихту	На суху шихту
1.Суха шихта	887	88,7	100	1.Кокс валовий	684,0	68,40	77,11
2. Волога шихти	113	11,3	-	2.Коксовий газ	134,4	13,44	15,15
				3.Смола безводна	30,4	3,04	3,42
				4.Сирий бензол	11,0	1,10	1,24
				5.Аміак 100%-ний	2,4	0,24	0,27
				6.Сірка в перерахунку на H ₂ S	2,0	0,20	0,23
				7.Волога шихти	113	11,3	-
				8.Пірогенетична вода	21,7	2,17	2,45
				9.Нев'язка балансу	1,1	0,11	0,13
Разом	1000	100	100	Разом	1000	100	100

Примітка. Джерело: розроблено автором

12 грудня 2024 року Metinvest B.V., материнська компанія міжнародної групи сталеливарних і гірничодобувних підприємств, повідомила про припинення роботи вугільного об'єкту в селищі Піщане, що розташоване поблизу Покровська (Донецька обл.). Причина - загострення ситуації на фронті та посилення обстрілів. На об'єкті розташований вертикальний ствол шахти №3 Покровського шахтоуправління та адміністративний комплекс. Шахта забезпечувала близько половини загальних обсягів видобутку вугілля в Україні. Решта ключових об'єктів продовжують працювати. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» - металургійне підприємство в Україні з повним виробничим циклом (рис.1.1). Виробничі потужності розраховані на щорічний випуск понад 6 млн т сталі, 5 млн т прокату і 5,5 млн т чавуну. «АрселорМіттал Кривий Ріг» поступово відновлює свою роботу, долаючи наслідки російської агресії. ПАТ «Арсело-

рМіттал Кривий Ріг» протягом у квітні 2024 року запустив в роботу коксові батареї №3 і №4.

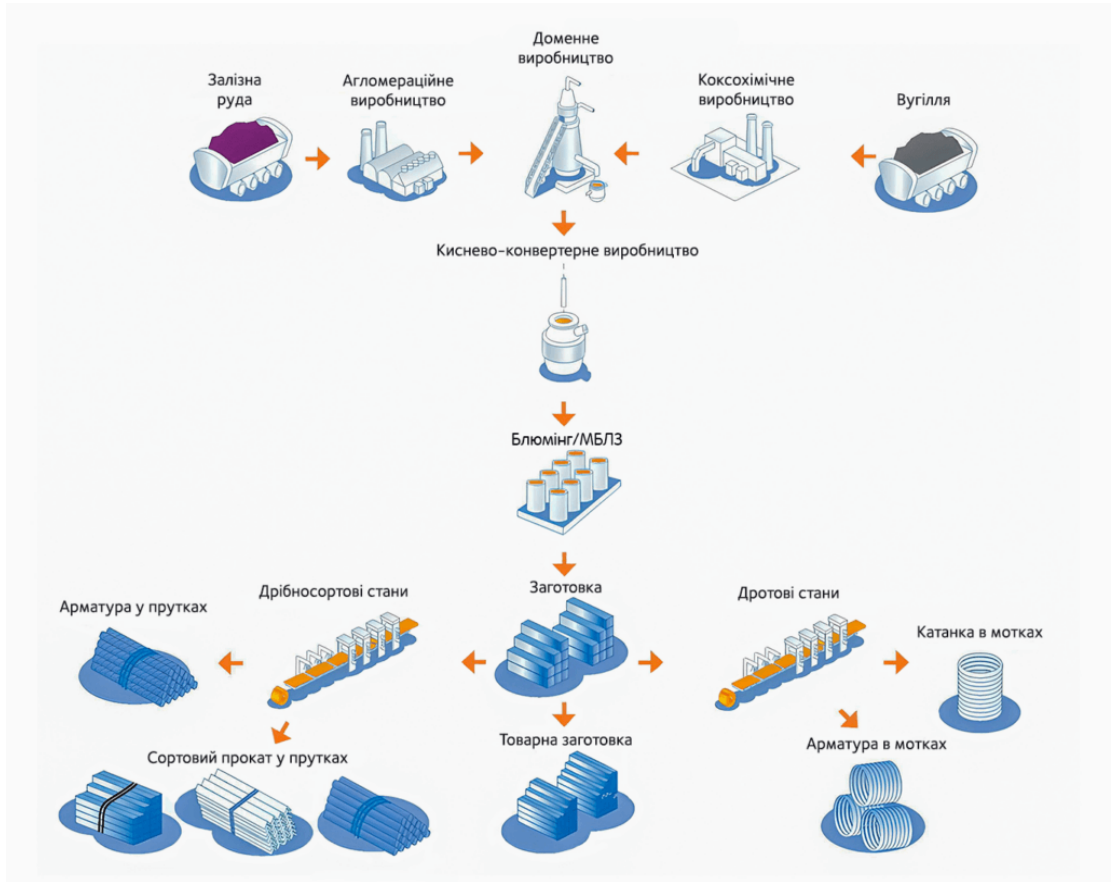


Рис.1.1. Схема виробничого циклу «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [1]

На рис.1.2 наведено коксовий цех ПАТ «АМКР» та коксові печі.



Рис.1.2. Коксовий цех та коксові печі «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [1]

1.2 Аналіз впливу гранулометричного складу коксу доменну плавку

На доменну плавку істотне значення має гранулометричний склад, який характеризує механічні властивості коксу. Важливим показником гранулометричного складу прийнято вважати вихід металургійного коксу з підвищеним вмістом найціннішого класу 40-60 мм і зниженою часткою найбільшого (> 80 мм) і найменш міцного коксу [1]. По даним роботи підприємств України вихід класів повинен складати:

- класу > 25 мм - 92-96 %;
- класу > 80 мм - 11 % (для умов «АМКР»).

Гранулометричний склад валового коксу визначається за допомогою ситового аналізу, на результати якого впливає форма кусків. Для визначення ситового складу відбирається щоденно проба доменного коксу масою 300 кг. Потім проба розсіюється на грохоті, який має сита, або барабан. Всі ці операції строго регламентовані державними стандартами (ДСТУ 7602:2014 (ISO 728:1995)). У таблиці 1.3 представлена схема розсіву проби коксу та вихід класів крупності.

Таблиця 1.3

Схема розсіву проби коксу та вихід класів крупності

Металургійний кокс						
Розсів на ситах						
Розмір ячеек, мм: (ячейки квадратні)		80	60	40	25	10
Класи крупності, мм		+80	80-60	60-40	40-25	25-0
Вихід класів, %	Донецький	6,5	27,5	48,0	15,5	2,5
	Кузнецький	7,0	37,2	47,5	6,0	2,5
				Бажані класи		

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [1]

Залежно від розміру кусків, доменний кокс підрозділяється на два класи крупності: 25-60 мм і 25 мм і більше; залежно від зольності - на марки КД, КД 1, КД 2 і КД 3 (табл. 1.4). Умовна позначка складається: К - кокс, Д - доменний, 1, 2, 3 - ознаки марки.

Таблиця 1.4

Класи крупності коксу

Масова частка кусків розміром не більше:	КД 1	КД 2	КД 3
	Кокс крупністю більше 25 мм		
Більше 80 мм, %	11,0	15,0	20,0
Менш 25 мм, %	3,5	4,0	4,5

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [1]

Таким чином, гранулометричний склад коксу можна характеризувати процентним вмістом у коксі різних класів крупності. Небажаними класами є 25-0 мм і більше 80 мм. Крупний кокс класу більше 80 мм є маломіцним і легкостираним. Вміст цих класів регламентується технічними умовами. Згідно вимог до якості коксу, які сформульовані були на V міжнародному конгресі доменщиків вміст фракції +80 мм – не більше 5-10 % [2]. В таблиці 1.5 зведені фактори, що мають вплив на формування гранулометричного складу коксу, а саме на вихід класу коксу > 80 мм.

Таблиця 1.5

Фактори, що впливають на вихід класів коксу більше 80 мм

Фактори	Вплив на вихід класів коксу більше 80 мм	
	Значення показника	Зміна фракції > 80 мм
1	2	3
Вплив якості вугільної шихти:		
Вплив стадії метаморфізму вугілля за показником відображення вітриніту (R_o)	При збільшенні R_o з 1,11 до 1,27 %	Збільшується на 5,3 % [1]
Вплив петрографічного складу за показником ΣOK в шихті	$\Sigma OK = 21,0-21,1$ та при збільшенні до 33 %	
Вплив вологості вугільної шихти	При підвищенні вологості шихти з 7,3 до 12,6%	Зростає клас +80 мм з 29,9 до 49,9% [2]
Вплив зольності вугільної шихти	При збільшенні на 1,3 %	Збільшення виходу класу +80 мм з 4,9 до 8,4 % [1]

Продовження таблиці 1.5

1	2	3
Технологічні фактори:		
Подрібнення вугільної шихти	При тонкому подрібненні шихти Зниження класу ≤ 3 мм з 87,5 до 77,3 %	Зменшення вмісту кусків > 80 мм Зниження вмісту кусків > 80 мм з 17,2 до 10,7 % [1]
Період коксування	При збільшенні з 13,8 до 15,8 год.	Збільшується вміст кусків > 80 мм [2]
Температура в осевій площині коксового пирога	Зниження температури з 1042 до 984 °С	Збільшується вміст кусків > 80 мм [2]
Гасіння коксу	Сухе гасіння коксу сприяє	Зниженню вмісту > 80 мм

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [2]

Аналізую дані таблиці, можна зробити висновок, що вихід класів коксу більше 80 мм коксу залежить від зміни якості вугільної шихти, умов коксування, післякамерної обробки коксу.

Щоб дати чітке обґрунтування необхідності зменшення вмісту класу більше 80 мм необхідно дослідити взаємозв'язок якості коксу з доменним процесом. Зв'язок між якістю коксу та роботою доменних печей представлено в таблиці 1.6 [3]. Крупність і механічна міцність коксу відображають вплив всіх генетичних і технологічних факторів його виробництва: складу та властивостей вугільних шихт, їхньої підготовки, умов коксування, гасіння та сортування. Вони багато в чому визначають роботу доменних печей і, отже, є найбільш важливими показниками якості коксу.

Таблиця 1.6

Зв'язок між якістю коксу та роботою доменних печей

Фактори й одиниці виміру	Зниження витрати коксу, %	Продуктивність, %
Підвищення міцності по індексі M_{25} на 1 %	0,6	+0,6
Зменшення стиранності по індексі M_{10} на 1 %	2,8	+2,8
Зниження кількості коксу >80 мм на 1 %	0,2	+0,2

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [2]

Як бачимо зниження кількості коксу класу >80 мм на 1 % сприяє зниженню витрати коксу на 0,2 % та підвищенню продуктивності на 0,2 %.

У доменній печі кокс є єдиним твердим матеріалом і роль його, як основного наповнювача й розпушувача стовпа шихтових матеріалів, продовжує залишатися високою. У результаті вдосконалення підготовки залізородних матеріалів до доменної плавки значно знижується їх крупність (сортований агломерат до 10-15 мм, окатиші до 10-15 мм), підвищується міцність і абразивність. Тому актуально зниження верхньої межі крупності й підвищення рівномірності гранулометричного складу коксу, що повинне сприяти зниженню його питомої витрати на виплавку чавуну.

Кокс є важливим джерелом тепла, відновлювачем і розпушувачем. Газопроникність стовпа шихтових матеріалів багато в чому залежить від крупності та рівномірності кусків коксу. Гранулометричний склад коксу повинен бути близьким до гранулометричного складу іншої частини шихти в доменній печі [3].

При русі зверху до низу, у доменній печі, кокс стирається в результаті тертя кусків друг об друга, а також об інші компоненти шихти та об кладку доменної печі. Цьому сприяє висхідний потік газів, насичений пилоподібними часточками шихтових матеріалів. Коксовий дріб'язок, який утворюється в результаті стирання, накопичується в основній частині доменної печі, робить цю ділянку малопроникною для газів. Із цієї причини небажане руйнування крупних кусків коксу усередині доменної печі, що обов'язково супроводжується утворенням дріб'язку. Коксовий дріб'язок підвищує в'язкість шлаків, порушуючи нормальну роботу печі. Тому велике значення має постачання доменних печей міцним коксом з обмеженим вмістом класу > 80 мм.

Нижня межа коксу на більшості заводів приймається 25 або 40 мм, вузькі класи коксу 40-60 мм, 40-80 мм і 25-60 мм. При цьому збільшення рівномірності гранулометричного складу коксу сприятливо позначається на показниках доменної плавки. Мучник Д.А. вважає, що клас 40-60 мм за сукупністю своїх металургійних властивостей, найбільшою мірою відповідає ви-

могам доменного процесу. Також ефективно сортування товарного коксу крупністю 25-80 мм на вузькі класи 25-40 і 40-80 мм із роздільною подачею їх у доменні цехи.

Таким чином, сучасна доменна технологія не може бути здійснена при використанні коксу низької якості. Останнім часом при вдування ПВП в горн доменної печі роль коксу як розпушувача істотно зросла у зв'язку зі зниженням його частки в шихті з 50-55 до 40% і нижче, в результаті чого істотно підвищилися навантаження на кокс. В результаті цього одним з найважливіших питань є підвищення якості коксу.

Сучасні вимоги до якості коксу представлені в таблиці 1.7 [5].

Зважаючи на це актуальним стає питання про якість окремих класів крупності металургійного коксу, що виділяються в скіповий кокс.

Таблиця 1.7

Вимоги до якості коксу

Вимоги до хімічного складу коксу		Вимоги до фізичних властивостей коксу	
Показник	Значення, %	Показник	Значення, %
Зольність	Менше 9,0	CSR (< 10 мм) - міцність після реакції з CO ₂	> 65
Вихід летких речовин	Менше 0,75	CRI – індекс реакційної здатності коксу	≤ 23
Вміст вологи	Менше 5,0	M ₄₀ > 40 мм, %	> 55
Вміст сірки	Менше 0,70	M ₁₀ < 10 мм	< 15
Вміст лугів (N ₂ O+K ₂ O)	Менше 0,20	Гранулометричний склад (%) за класами, мм:	
Вміст хлору	Менше 0,05	Понад 80 мм	≤ 10 %
Вміст фосфору	Менше 0,03	Менше 40 мм	≤ 18 %
Вміст цинку	Менше 0,003	Понад 20 мм	≤ 3-4 %

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

В таблиці 1.8 визначено обґрунтування доцільності зменшення в складі доменного коксу саме класу більше 80 мм.

Таблиця 1.8

Обґрунтування необхідності зменшення в складі доменного коксу класу більше 80 мм

Характеристика класів 25-40; 40-60; 60-80 мм				Характеристика класу > 80 мм	
1. Відрізняється: - максимальною однорідністю кусковатості коксу; - рівномірністю властивостей; - дрібнопористою щільною структурою; - порівняно низькою тріщинуватістю; - малою схильністю до стирання; - високими міцними властивостями				1. Більше змінює свій гранулометричний склад при послідовному накладення руйнуючих зусиль, особливо це помітно на початкових стадіях руйнування. 2. Найбільш високий ступінь ущільнення при навантаженні в доменній печі. 3. Низькі показники міцності за CSR и M ₂₅ . 4. Внаслідок його малої міцності вже після 200-250 оборотів барабана утворює найдрібніший продукт.	
Показники якості, [3-4]:					
	60-80	40-60	25-40		
CSR, % (ПАО «Атайкокс» (ПАО«ММК»))	52,1	57,2	59,7	45,7 (ПАО «Атайкокс» 57,9 (ПАО «ММК»))	
CRI,% (ПАО «ММК»):	30,0	29,5	29,0	30,3	
M ₂₅ (ПАО «Атайкокс»)	85,2	86,0	71,8	82,8	
M ₁₀ (ПАО «Атайкокс»)	9,9	8,5	8,9	11,6	

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [3, 4, 5]

Згідно наведених даних найменший показник гарячої міцності CSR - 45,7 % та максимальну стиранність M₁₀ – 11,6 % має кокс класу > 80 мм [4]. Зі збільшенням вмісту крупних класів показник CSR знижується з 59,7 % у класі 25-40 мм до 45,7 % у класі > 80 мм, причому ця зміна близька до лінійної залежності (рис. 1.3).

Максимальне значення показника CSR характеризується підвищенням вмістом у масиві коксу класу 25-40 мм.

Зміна показника M₂₅ зі зміною фракційного складу коксу, носить інший характер. Підвищення показника M₂₅ іде крізь максимум при збільшенні вмісту у всьому масиві коксу крупних класів (рис. 1.4). Максимальне значення

показника M_{25} характеризується підвищеним вмістом у коксі класів 40-60 і 60-80 мм. Але у коксі >80 мм M_{25} складає 82,8 % [4].

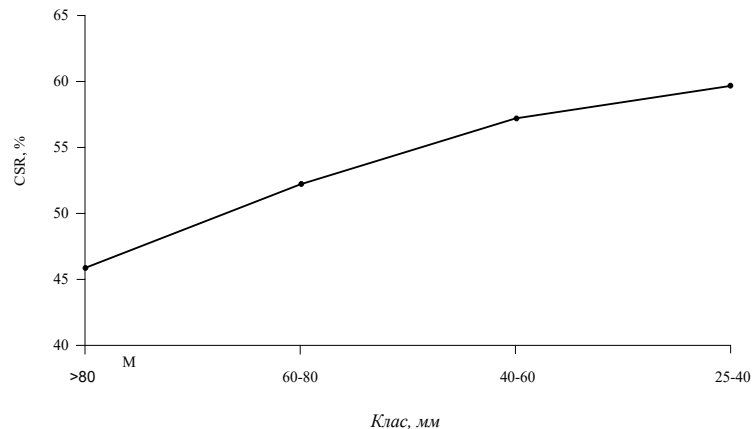


Рис. 1.3. Залежність показника «гарячої» міцності CSR від крупності коксу

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [4]

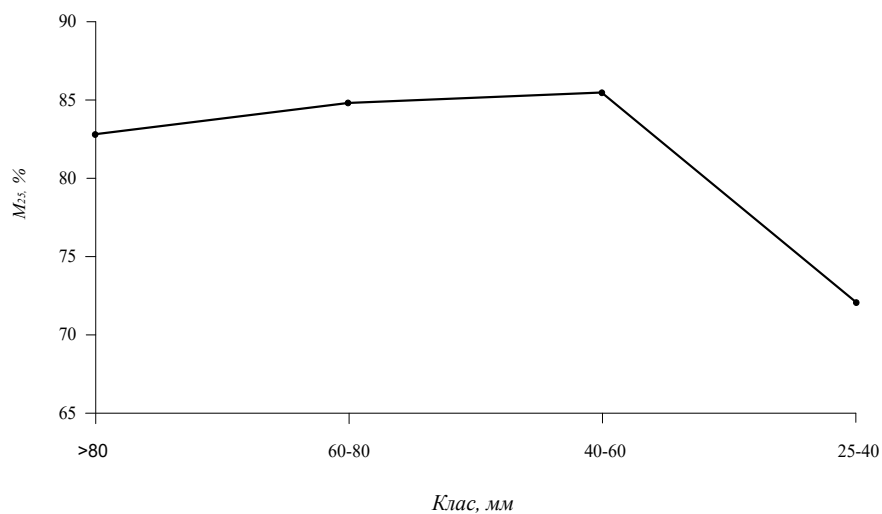


Рис. 1.4. Залежність показника механічної міцності M_{25} від класу крупності коксу

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [4]

Показник M_{10} частково залежить від фракційного складу, тому що в малому барабані відбувається значне стирання крупних класів коксу, внаслідок чого відбувається накладення додаткових факторів на показник M_{10} (рис.1.5) [4].

Проте збільшення кількості дрібних класів (25-40 і 40-60 мм) сприяє зниженню стиранності коксу. Збільшення вмісту крупних класів коксу > 80 мм підвищує стиранність коксу.

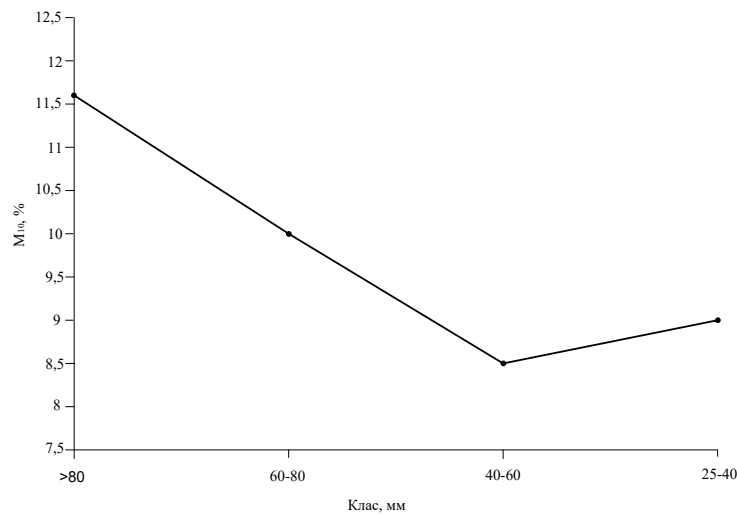


Рис. 1.5. Залежність показника стиранності M_{10} від класу крупності коксу

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [4]

Таким чином, на підставі отриманих результатів показано, що з точки зору технологічних показників якості коксу найбільш оптимальними фракціями для виділення їх в скиповий кокс є класи 60-80 і 40-60 мм. Зміст класу 25-40 мм в скиповому коксі бажано підтримувати на мінімально можливому рівні для забезпечення найкращої газопроницаємості коксової лінзи. Найгіршими показниками (найменший показник гарячої міцності CSR - 45,7 % та максимальну стиранність M_{10} - 11,6 %) володіє клас коксу > 80 мм, з огляду на це зміст даного класу в скиповому коксі необхідно максимально знижувати аж до повного його видалення.

1.3 Дослідження ефективності існуючих схем сортування

Схеми сортування призначені для сортування коксу по розмірам часток - розподілення по класам - 80-60 мм, 60-40 мм, 25-40 мм, 25-10 мм, 10-0 мм.

Кокс сортують по розмірам (класам) за допомогою валкових грохотів, контрольних вібраційних сит, конвеєрів між ними та пристроїв для завантаження їх коксом відповідних класів - бункери, залізничні вагони, транспортні конвеєри.

У зв'язку з інтенсифікацією доменного процесу важливо забезпечити рівномірний гранулометричний склад коксу, звести до мінімуму вміст класу крупності >80 мм. У цих умовах актуальні дослідження та оцінка ефективності роботи різних варіантів коксортування коксу з метою зменшення класу крупності >80 мм. Мається на увазі такі схеми як схеми з виділенням та дробленням фракції >80 мм, схеми сортування з бункерами, схеми сортування з одночасною механічною обробкою коксу та інше.

Гіпрококсом розглянуті й реалізуються різні варіанти поділу та механічної обробки крупного коксу.

В одному з них фракція $+80$ мм виділяється на валковому грохоті, руйнується валково-зубчастою дробаркою та подається на класифікацію разом з іншою частиною коксу на віброгрохот. Устаткування розташовується в окремому приміщенні. Така схема реалізована в проектах комплексів коксовій батареї № 3-4 на КХВ ПАО «АрселорМиттал Кривий Ріг» і передбачена у проекті коксової батареї 11-біс ВАТ «ММК» [7].

1.3.1 Схема коксортувальні ГИПРОкоксу

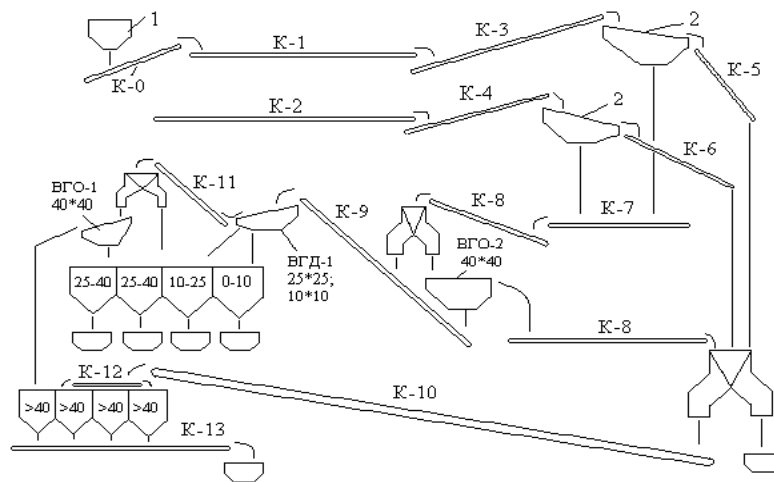
За типовою схемою коксортирувальня ГИПРОкоксу [8], кокс сортують за розмірами (класами) на валкових грохотах та вібраційних ситах. Кокс подається з коксової рампи до 14-валкового грохоту (зазори між дисками 60 мм). З рампового конвеєра кокс надходить на валковий грохот «гризли», призначений для відділення металургійного коксу розміром > 40 мм, або > 25 мм. Кокс крупністю 40-0 мм або 25-0 мм із під валкового грохоту надходить на двоситовий вібраційний грохот ГІЛ-42, де проводиться розсів фракції за крупністю: 10-0,25-0,40-25 мм.

Переваги схеми: схема проста в обслуговуванні, не потребує додаткового обладнання.

До недоліків слід віднести неможливість впливу на вміст у коксі класу більше 80 мм, так як він першим виводиться з процесу сортування, і його вміст залежить від фізичних властивостей вугілля, з якого виготовляли кокс. Вміст коксу класу більше 80 мм згідно ТУ У 322-00-190443-114-96 «Кокс доменний» обмежений 10-11 % вагових залежно від марки коксу, тоді як сьогодні вміст коксу більше 80 мм досягає 35 % вагових [8].

1.3.2 Сортування коксу з бункерами як елемент технології після камерного формування властивостей коксу

Згідно схеми, зображеній на рисунку 1.6 кокс, крупністю >40 мм, з валкових грохотів поступає в залізничні вагони.



1 - бункер повернення; 2 - десятивалковий грохот

Рис. 1.6. Схема коксортування з бункерами для коксу

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [4]

Далі провал обох валкових грохотів (клас 40-0 мм) поступає по транспортерах на контрольний грохот з отворами сита 40 мм. Надрешітний про-

дукт цього грохоту транспортером К-8 подається в загальний потік коксу >40 мм, а провал передається транспортером К-9 на подальше сортування. З транспортера К-9 кокс поступає на грохот ВГД, де відбувається розділ його на класи >25, 25-10 і 10-0 мм. Останні два класи поступають кожен в призначений для нього бункер, звідки можуть відвантажуватися в залізничні вагони. Клас >25 мм передається транспортером К-11 на грохот ВГО для розділення на класи:>40 і 40-25 мм. Кокс класу 40-25 мм збирається у два призначених для нього бункери, а кокс класу >40 мм поступає в один з бункерів крупного коксу.

Завантаження коксу через бункери має свою специфіку, яка полягає в додатковому подрібненні коксу. Автори [3] вважають що в результаті використання бункерів, для крупного коксу, відбуваються зміни гранулометричного складу,%, за класами, мм, у наступних межах: +80 від 6 до -14; 80-60 від 2 до -10; 60-40 від +3 до +11; 40-25 від +1 до +7; <25 від +1 до +3. Зміна гранулометричного складу в бункерах залежить, як від властивостей коксу, що завантажується, так і від режиму (технології) заповнення бункерів. Кокс, що попередньо (перед класифікацією) перетерплює руйнування в процесі транспортування (не організовану або організовану механічну обробку), буде менше руйнуватися в бункерах. Крупний кокс, наприклад, +60 мм, проходячи бункера, буде руйнуватися більше, ніж, кокс класів +40 або +25 мм. Якщо в бункера кокс буде надходити при падінні з великої висоти - зміна складу буде більш значна, чим у випадку невеликої висоти. Отже, зміна гранулометричного складу залежить від швидкості, з якою потік коксу зустрічається з коксом, що перебуває в бункері.

З метою зниження руйнування коксу в бункерах, їх заповнюють за певною технологією та передбачають різні заходи. До них відноситься використання катючого реверсивного транспортера з похилою частиною, що завантажує, або транспортера, обладнаного розвантажувальним жолобом. Початок завантаження бункера ведуть на похилу стінку або «подушку» з автоматичним пересуванням транспортера в міру заповнення бункера. При заванта-

женні бункерів через жолоб конфігурацію останнього виконують так, що кокс перед надходженням у бункер гальмується й здобуває горизонтальну складову руху. Іноді, по довжині жолоба, встановлюють різного типу гальмуючі елементи. Наприклад, на Авдеєвському КХЗ [3] установили «фартушки» з кусків транспортерної стрічки, назвавши її «лінією затримки» і на іншому жолобі встановили «шибер-ваги», які перекривають потік до накопичування певної маси. На думку авторів [3], останній варіант має більші переваги. Одним із заходів є створення коксових «подушок» на які ведуть початкове завантаження бункерів. Оскільки в бункерах у кожному разі буде утворюватися небажана частина коксу менше нижньої межі крупності, у багатьох випадках передбачається відсівання дріб'язку безпосередньо перед завантаженням у вагони.

Таким чином, до бункерів варто ставитися як до технологічного елемента, який істотно впливає на склад, міцність і, пов'язані із цим, фізико-хімічні властивості. Так само, як і інші елементи технології після камерного формування властивостей, ступінь стабілізації коксу в бункерах вимагає оптимізації.

Схема відрізняється простотою. Вона дозволяє розділити валовий кокс за класами крупності, але за схемою непередбачено ні яких вдосконалених технічних рішень, щоб змінити гранулометричний склад коксу в кращу сторону.

1.3.3 Конструкція коксортувальні з додатковим додрібненням коксу на грохоті

Така схема коксортувальні працювала раніше на підприємстві ВАТ «Авдеєвський коксохімічний завод», яке на превеликий жаль вже не працює.

Мета схеми сортування: зменшення виходу коксу більше 60-80 мм.

Новизна модернізованої схеми: сортування шляхом встановлення в раму 14-валкового грохоту спеціальної дробарки, яка буде додатково подріб-

нювати кокс. Дробарка має вигляд металевго столу, який вставлений в раму грохота з зазором по периметру в 60 мм, валом з зубцями та приводом, розміщеним над ним з зазором між столом та описаною зубцями поверхнею в 50 мм [8].

Принцип роботи коксортувальні полягає в тому, що при проходженні коксом кожної решітки або сита грохотів в відповідним розміром отворів, на ній залишається кокс, який не провалюється в задані отвори, а видаляється окремо як кокс відповідного класу за розміром.

Опис схеми

Коксортувальня містить бункер 1 (рис. 1.7), котрий заповнений коксом, транспортні засоби переміщення коксу, конвеєри К-1, К-2, К-3, грохот 2 з щілинами в 60 мм з металевим столом 9, над яким, з зазором в 50 мм, встановлено вал з зубцями та приводом 10. Зубці вала розміщені в декілька рядів в шаховому порядку по циліндричній поверхні вала з зазором між ними в 50 мм. Надрешітчастий простір грохоту 2 з'єднаний з конвеєром 4, далі через тічку з розподільчим рукавом.

Кокс від коксової рампи з бункера 1 конвеєрами К-1, К-2, К-3 подається на грохот 2, де в процесі грохочення розділяється на кокс більше 60 мм та менше 60 мм. При цьому кокс з розмірами часток більше 60 мм не провалюється в щілини, а залишається зверху на решітці і переміщується відповідно нахилу решітки на металевий стіл 9. При цьому подрібнені частки коксу менші за розмір 60 мм провалюються по периметру металевго столу, а ті, що більші розміром за 60 мм падають на конвеєр К-4 і по тічці потрапляють в розподільчий рукав 8, звідки подаються в вагон або на завантаження бункерів коксу >40 мм. Частини коксу менше 60 мм в процесі грохочення просипалися в провал між дисками грохоту, а частини коксу більше 60 мм залишилися на верхній решітці і в результаті їх переміщення по похилій решітці грохота вони подрібнювалися в дробарці валом з зубцями на металевому столі, при цьому частини коксу менше 60 мм просипалися в бокові зазори по периметру столу і йшли на наступне сортування. Кокс розміром 60 мм пере-

давався до доменного цеху або на завантаження в залізничні вагони для доменного коксу.

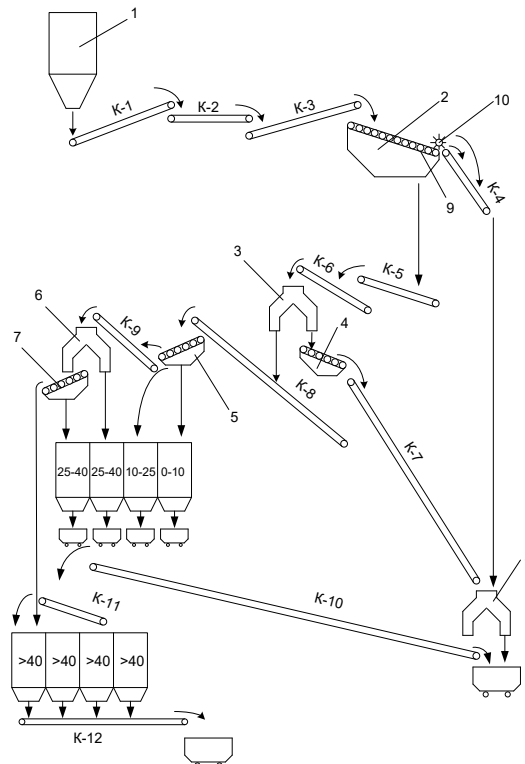


Рис. 1.7. Конструкція коксортувальні з додатковим додрібненням коксу на грохоті

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [4]

Таким чином, така коксортувальня дозволяє витримати діючі технічні умови на доменний кокс ТУ У 322-00-190443-114-96 «Кокс доменний», де кокс класу >80 мм не повинен перевищувати 11 % масових залежно від сорту коксу, а це на сьогоднішній день в зв'язку з погіршенням сировинної бази стало неможливим на базовій типовій коксортувальні, хоча кокс повертають на сортування декілька разів повторно.

Переваги розглянутої схеми: одночасний розсів коксу з додрібненням класу > 80 мм.

Схема має такі недоліки:

- нестандартне обладнання, яке виготовлялося спеціально за спеціальними кресленнями, що тягне за собою додаткові витрати;

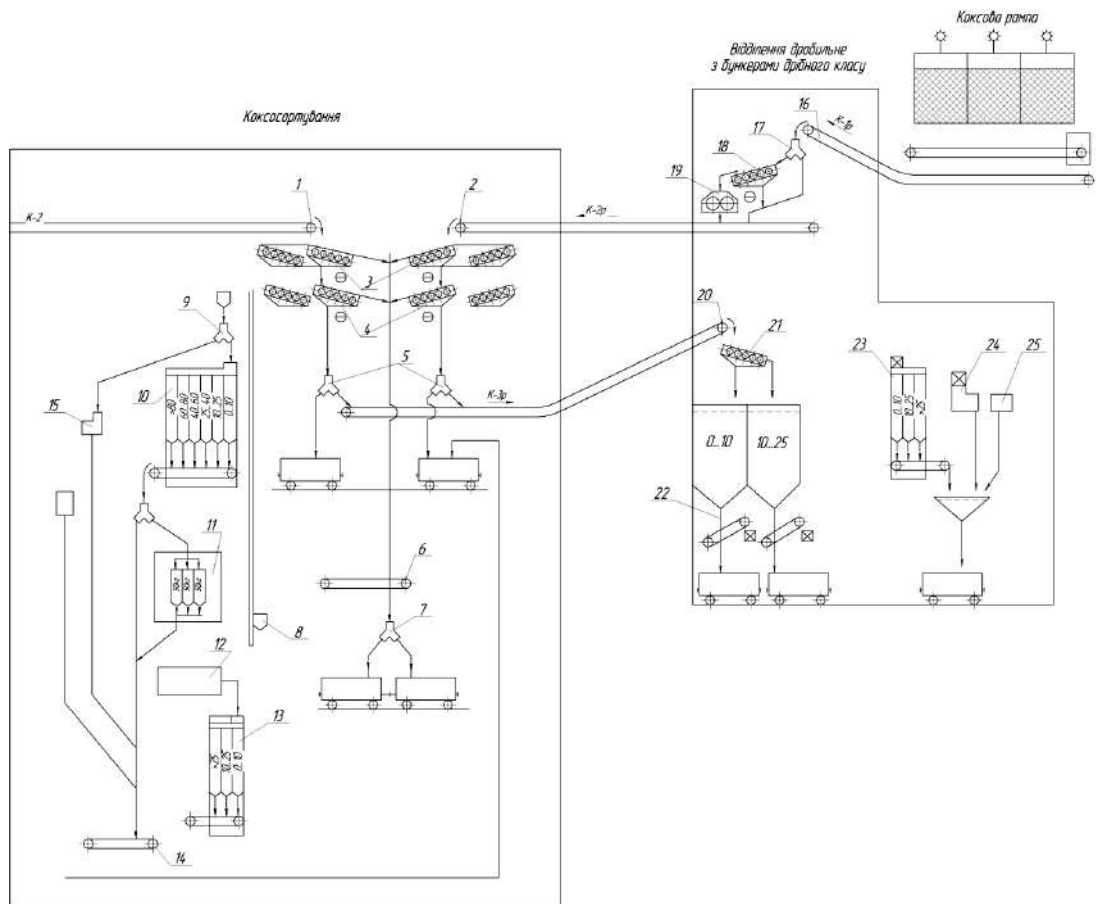
- складність конструкції, важка в експлуатації, схема має багато додаткового устаткування та споруд, що тягне за собою додаткові витрати на обслуговування.

1.3.4 Технологічна схема коксортувальні на ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Ще один варіант схеми, який використовується при сортуванні - це попередній відсів на валковому грохоті фракції більше 80 мм і подальше його додрібнення в зубчастій дробарки. Така схема реалізована на коксортувальні КХВ ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг". В даний час на виробництві задіяні коксортувальня № 1, що обслуговує коксові батареї № 1-4, має устаткування: стрічкові конвеєра; 14-валкові грохоти «гризли»; грохоти вібраційного типу ГИЛ-42; самопливний транспортер. За схемою фракція +80 мм виділяється на валковому грохоті, руйнується валково-зубчастою дробаркою та подається на класифікацію разом з іншою частиною коксу на віброгрохот.

Коксортувалька № 2 обслуговує коксові батареї № 5, 6, які в даний час знаходяться на реконструкції.

За технологічною схемою сортування коксу на вузькі класи (рис. 1.8) погашений кокс (при мокрому способі гасіння) через розвантажувальну рампу подається на конвеєрний тракт К-1Р для поділу його на розсіювальних установках. Першим етапом класифікації є відділення класу >80 мм за допомогою десятивалкового грохоту. Далі цей клас направляється у двовалкову зубчасту дробарку для механічної обробки, тобто реалізації тріщин. Провал десятивалкового грохоту йде по конвеєрному тракту на розподіл за крупністю, до цієї маси коксу також додається кокс після дробарки. Сортування коксу на товарні класи починається з відділення доменного коксу на чотирнадцятивалковому грохоті – грохоті гризлі. Кокс, що залишився на поверхні грохоту, кокс класу >25, направляється для відвантаження в залізничні вагони споживачеві.



1, 2, 14, 16, 20 - конвеєр стрічковий; 3 - чотирнадцятивалковий здвоєний грохот; 4, 21 - установка напільна; 5, 9 - клапан з приводом; 6 - пробовідбірник; 7, 17 - клапан футерований з приводом; 8 - підіймач скипів; 10 - грохот п'ятиситний; 11 - пристрій для приготування проб коксу; 12 - барабан; 13, 23 - грохот двоситний; 15, 24 - пристрій для приготування лабораторний проб; 18 - грохот десятивалковий; 19 - двовалкова зубчата дробарка; 22 - затвор секторний; 25 - пристрій для приготування аналітичних проб

Рис. 1.8. Технологія сортування коксу з дробарним відділенням

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

Провал чотирнадцятивалкового грохоту прямує на розділення на коксовий горішок і коксовий дріб'язок за допомогою контрольного вібраційного грохоту. Цей грохот служить також для усунення втрат металургійного коксу при зношеності зірочок чотирнадцятивалкового грохоту. Тобто перше робоче сито з отворами 25×25 мм відсіває доменний кокс, який потім подається на

конвеєр та у вагони споживачеві. А нижнє сито з отвором 10×10 мм відокремлює товарні класи коксового горішка – надрешітний продукт другого сита. Товарні класи направляються у відповідні бункери або у вагони для відправки споживачеві.

За схемою передбачається дробарне відділення з бункерами дрібного коксу, яке знаходиться перед чотирнадцяти валковим грохотом і складається з футеровочного клапану, десятивалкового одинарного пересувного грохоту та двовалкової зубчастої дробарки.

Схема підготовки коксу з відділенням та дробленням фракції + 80 мм, дозволить: знизити надходження кількості фракції +80 мм у доменну піч, що сприятиме поліпшенню однорідності фракційного складу скіпового коксу; збільшить середній розмір куска, поліпшить порозність та газопроникність коксу.

Перевагами даної схеми є:

- низькі капітальні витрати;
- схема проста в реалізації, в обслуговуванні, використовується стандартне обладнання;
- клас більше 80 мм ефективно подрібнюється в зубчастій дробарці методом розколювання; утворюється мало дрібного класу.

Недоліки:

- при невеликому перевищенні норми вмісту класу більше 80 мм (наприклад 15 % при нормі 10-11 %) попередньому просіванню повинна піддаватися вся маса валового коксу, щоб відокремити клас більше 80 мм. Це обов'язкове просівання всього об'єму коксу з наступним додрібненням фракції більше 80 мм. Це додаткові витрати електроенергії.

1.4 Аналіз схем механічної обробки та сортування коксу

У розглянутих схемах, крім типової схеми, передбачається часткова механічна обробка коксу або механічна обробка частини коксу, яка покращує

механічні характеристики коксу. Одним із способів підвищення міцності коксу є механічна обробка. У деяких країнах механічну обробку називають процесом стабілізації коксу, тобто руйнування коксу розглядається як процес стабілізації й поліпшення його міцності, тому що дозволяє, в широких межах, змінювати крупність коксу і його міцність на дробимість. Випробувано декілька способів обкатування в барабані; руйнування крупних кусків коксу шляхом скидання.

1.4.1 Схеми механічної обробки коксу у барабані

Барабан, як апарат для руйнування кусків коксу, зручний тим, що дозволяє здійснити багатократний вплив на куски коксу. Він також дозволяє, у широкому діапазоні, змінювати співвідношення стиранних й дроблячих зусиль, завдяки регулюванню швидкості обертання. Крім того, дає можливість керувати числом впливів, змінюючи кут нахилу.

Дослідження механічної обробки коксу в апараті барабанного типу та проведення доменних плавок дозволили авторам [9], рекомендувати механічну обробку як найбільше реальний спосіб поліпшення якості металургійного коксу. Результатами досліджень (табл. 1.9) показано, що завдяки відповідній глибині додаткової механічної обробки можна поліпшити якість металургійного коксу в умовах діючих коксових батарей [9].

За показниками великого колошнікового барабана крупні класи характеризуються підвищеною дробимістю та стиранністю.

Дані таблиці дають можливість зробити висновок, що залежно від міцності металургійного коксу і його окремих класів раціонально піддавати механічній обробці тільки крупні, найменш міцні класи >80 мм з метою їхнього зміцнення й зменшення утворення дріб'язку.

Розглянемо основні принципові схеми механічної обробки у барабані.

Схема 1. Установка для механічної обробки коксу сполучена з коксо-сортувальною (рис. 1.9) [9]. Рамповий кокс надходить на валковий грохот 1.

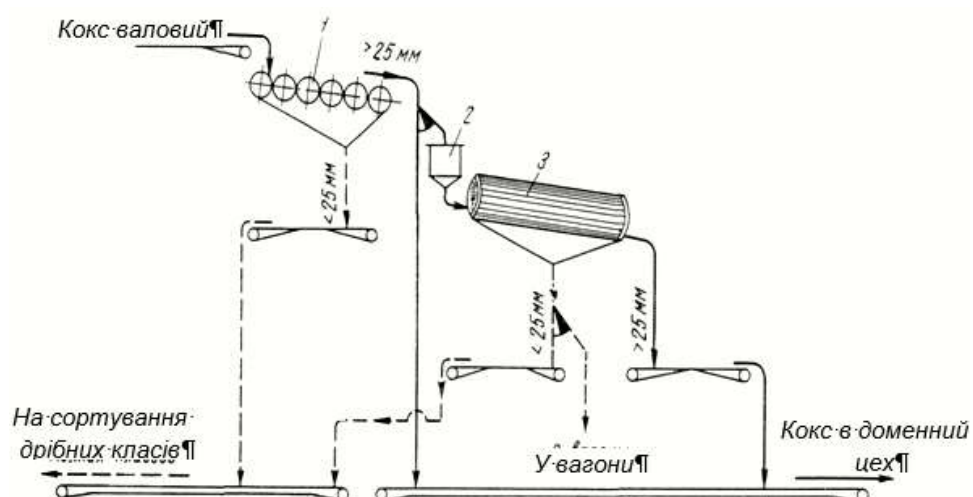
Таблиця 1.9

Якість металургійного коксу за фракціями

Підприємства	Клас крупності коксу, мм	Барабанна проба, кг		Малий барабан	
		Залишок	Клас 10-0 мм у підбарабанному продукті	M ₄₀ , %	M ₁₀ , %
Челябінський метал. завод	>80	306	48	69,1	10,4
	80-60	316	44	64,5	9,6
	60-40	316	37	60,7	8,4
Орско-Халиловський завод	>80	306	63	-	-
	80-60	324	45	-	-
	60-40	338	30	-	-
Західно-Сибірський металургійний завод	>80	324	56	77,9	8,8
	80-60	343	39	77,1	7,7
	60-40	349	24	73,5	7,0
КХВ ПАТ «АМКР»	>80	329	54	71,0	7,4
	80-60	350	40	74,6	6,9
	60-40	371	16	62,2	6,2

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [9]

Клас коксу >25 мм направляється в дозувальний бункер 2, а звідти в барабан 3 для обробки коксу. Барабан обладнаний ситами (або колосниками) із круглими отворами діаметром 25 мм. Відходи валкового грохоту і барабану (клас <25 мм) надходять спільно на сортування дрібних класів. Оброблений кокс крупністю >25 мм подають на доменні печі.

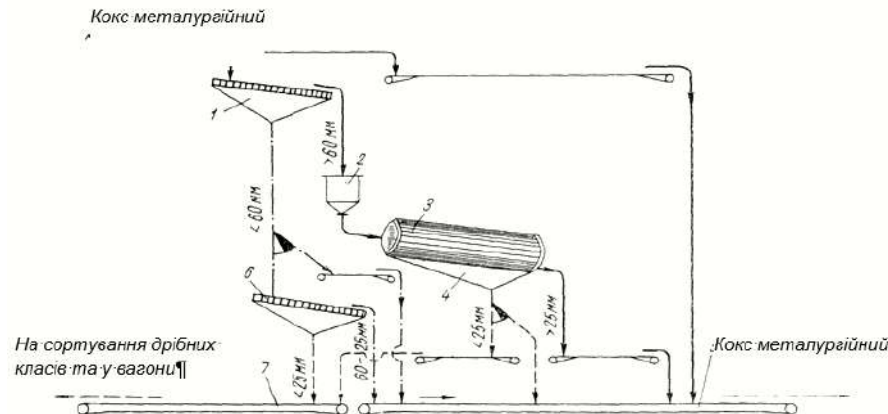


1 - валковий грохот; 2 - дозувальний бункер; 3 - барабан для обробки коксу

Рис. 1.9. Механічна обробка коксу за схемою 1

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [9]

підвищення механічної міцності після обробки сприяє зниженню витрати коксу на виплавку чавуну та підвищенню продуктивності доменної печі.



1,6 - вібраційні грохоти; 2 - дозувальний бункер; 3 - барабан для обробки коксу; 4 - приймальний бункер; 5 - збірний транспортер доменного коксу;
7 - збірний транспортер дрібних класів коксу

Рис. 1.11. Механічна обробка коксу по схемі 3

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [9]

Відомий спосіб при якому кокус обробляють в обертовому барабані з поверхнею, що просівається. Недоліком є некерованість параметрами.

Зміна якості коксу відбувається при руйнуванні у барабанах Сундгрена й Микумі, та в машині вибіркового дроблення (МВД) [3]. МВД являє собою барабан, поверхнею якого є сита. Принципово режим роботи МВД може регулюватися за рахунок зміни отворів у ситах, швидкості обертання ступеня заповнення барабана. Кокс, в барабані піддається механічному навантаженню внаслідок тертя кусків друг об друга й об стінки барабана. Одночасно крупні, неміцні куски дробляться. Дрібняк, що утворюється та проходить крізь отвори в барабані, видаляють. Кокс перебуває у барабані близько 1,3 хвилини. За цей час барабан робить 33 обертання при швидкості обертання 25 об/хв. і 20 обертів при швидкості 15 об/хв. У барабані можна обробляти весь металургійний кокус або класи більше 60 і 40 мм.

Також авторами запропонований агрегат [10] для одержання заданих властивостей коксу (АОЗВК), що представляє собою барабан зі змінним кутом нахилу. Він сполучає функції стабілізації коксу, класифікації та поліпшення його якості за обраним показником до бажаного рівня.

Агрегат являє собою барабан, циліндрична поверхня якого виконана у вигляді профільних стержней з відстанню між ними, яка залежить від заданої крупності надрешітної частини коксу, або у вигляді змінних карт із отворами заданого розміру та форми. Установлення кута нахилу, в сукупності з довжиною барабана, при заданій продуктивності забезпечує необхідне число руйнуючих впливів, які разом з певною інтенсивністю дозволяють змінити конкретну характеристику фізико-механічних властивостей коксу до необхідного значення.

Таким чином, аналітичні дослідження й виконані випробування довели доцільність стабілізації коксу в барабані в кожному з виконаних режимів, особливо з урахуванням зниження відсівання дріб'язку в доменному цеху й зменшення питомої витрати коксу на тонну чавуну.

Недоліки: збільшення утворення дрібних класів менше 25 мм, що одночасно зменшує вихід металургійного коксу більше 25 мм.

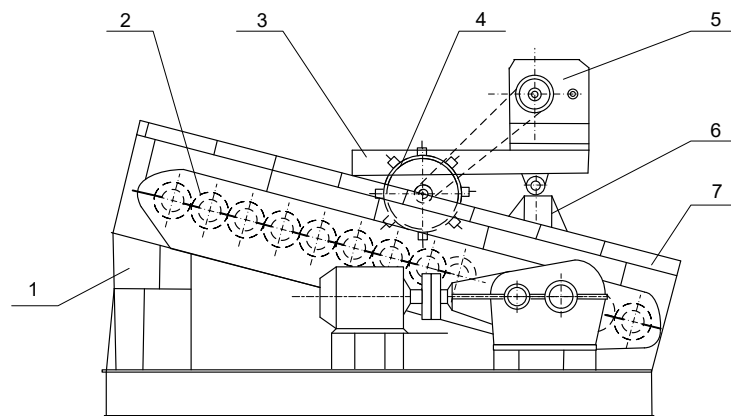
1.4.2 Механічна обробка коксу ударною плитою

Принцип дії подібних пристроїв полягає в тому, що кокс по падаючому конвеєру поступає в пристрій, падає на ударну плиту і подрібнюється, при цьому механічна обробка коксу відбувається за рахунок сумарної дії вільного падіння, що визначається масою падаючого куска коксу, і сили реакції плити, що визначається її масою. Загальним недоліком даних пристроїв є відсутність диференціювання по фракціях коксу величини механічної дії, що приводить до подрібнення сортових кусків при їх попаданні в зону сильних дій і зниження готового продукту, подовжується технологічний процес підготовки коксу.

Відомий пристрій для грохочення коксу, який містить опорну і додаткову раму із закріпленими в них валками з дисками, при цьому додаткова рама закріплена на опорній шарнірно з можливістю повороту у вертикальній площині. Перевагою даного пристрою є поєднання механічної обробки з його грохоченням. Недоліком є нерегульованість величини механічної дії, а також можливість заклинювання і виникнення аварійних ситуацій при проходженні коксу міждискового простору.

Більше ефективним є пристрій, що дозволяє проводити механічну обробку з диференційованим для кожної фракції коксу режимом механічної обробки, що забезпечує поліпшення міцних характеристик одержуваного коксу і виключає утворення коксового дріб'язку [11]. Цей результат досягається за рахунок вибору величини і напрямку механічних зусиль відповідно умовам розкриття внутрішніх тріщин в крупних кусках коксу.

Згідно схеми (рис. 1.12) кокс поступає із завантажувального пристрою на валки 2, що змонтовані на рамі 1.



- 1 - рама валкового грохоту; 2 - валки; 3 - додаткова рама; 4 - барабан;
5 - привід; 6 - шарнір; 7 - направляючі

Рис. 1.12. Пристрій для механічної обробки коксу на валковому грохоті з диференційованим режимом

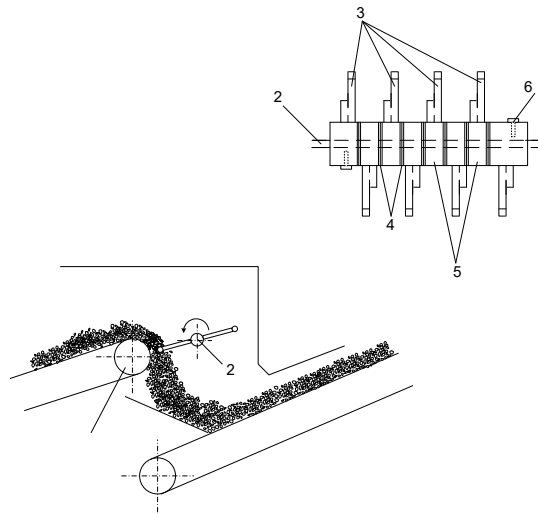
Примітка. Джерело: розроблено з використанням [11]

В результаті нахилу опорної рами 1 кокс під дією сили тяжіння рухається уздовж валків 2. При цьому відбувається розділення потоку коксу по фракціях і дрібні куски відсіваються в підрешітний продукт, а задана фракція коксу вільно проходить під барабаном. Крупні куски коксу потрапляють під барабан 4 і роздробляються.

Переваги: одночасно виконуються просіювання та додрібнення крупних класів. Обробляються ті куски коксу, які більше заданого розміру і в тій кількості, в якій вони присутні у даному коксі у даний час.

Недоліком цього пристрою є те, що додатковим подрібнюючим зусиллям піддається вся маса коксу, що може призводити до небажаного роздрібнення всіх фракцій, в той час як куски коксу + 80 мм руйнуються недостатньо.

Відомий пристрій, що складається з бункеру коксу, який обладнаний в нижній частині двоярусним вібраційним грохотом. В цьому пристрої куски коксу зазнають зусиль як тертя, так і роздроблення, що забезпечує суттєве покращення якості коксу за рахунок зменшення в ньому фракції + 80 мм. Однак не забезпечується повне руйнування фракції + 80 мм (має фракції від 3 до 10 %). На деяких підприємствах застосовують додрібнюючий механізм, який представляє собою вал, що обертається, з билами, які «прочісують» потік коксу в момент його вільного падіння з одного жолоба на інший. Такий вплив має назву «Обробка вільним ударом» (ОВУ) (рис. 1.13). Вал, що обертається електродвигуном, потужністю 5 кВт, установлюють на металеву опорну площадку. Підшипники вала розміщують по довжині рами транспортера. Обертання вала двигуна передається текстурними ременями, забезпечуючи частоту обертання -500 об/хв. Вал з насадженими на нього билами являє собою аналог молоткової дробарки. Визначено, що ОВУ вибірково діє на куски коксу: чим крупніше куски, тим більший опір удару вони роблять, оскільки удар відбувається в момент вільного падіння потоку коксу. Це підтверджують і величини УЕВМН, які для фракції +80 мм значно більше, ніж для інших фракцій.



1 - приводний барабан; 2 - вал; 3 - били; 4 - кільця; 5 - ступиця;
6 - стопор

Рис. 1.13. Схема установки для механічної обробки коксу вільним ударом

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [11]

Ухін запропонував обробляти кокс в потоці з застосуванням ударних футеровочних плит, розташувавши їх на першому (після рампи) перевантажувальному вузлі коксоподачі. Пристрій складається з ударної плити, виготовленої зі сталевого листа товщиною 10-12 мм і футірованої уздовж ребра діабазовою плиткою [13]. Як показав досвід впровадження на ряді підприємств вдалося поліпшити якість металургійного коксу за показниками M_{25} і M_{10} , знизити вміст класу більше 80 мм [13]. Як відзначають автори в джерелі [14], застосування на коксортувалках коксохімічних заводів пристрою механічної обробки в потоці дозволяє поліпшити якість коксу по змісту класу; > 60 мм в доменному коксі на 5,3 % і класу > 80 мм - на 1,0 %. Вихід металургійного коксу збільшується на 7 %.

Для зниження кількості дріб'язку, що утворюється при руйнуванні кусків коксу, доцільно, щоб швидкість приведення в контакт руйнуючого й руйнованого тіл була порівнянна зі швидкістю поширення напруг в останньому. Такий вплив називають не ударом, а тиском. Вплив на крупні куски коксу

тиска дозволяє здійснити установка для об'єднаної класифікації й механічної обробки коксу регламентованим тиском (МОТ). Обробка коксу регламентованим тиском передбачає установку над грохотом гризли додаткового пристрою [12]. При сучасній підготовці коксу до плавки кількість фракції + 80 мм повинна бути мінімальною, що забезпечить збільшення показників доменного процесу, за рахунок покращення якості коксу. В цьому сенсі альтернативою зубчастій дробарки на думку Мучніка Д. А. є застосування при сортуванні коксу установки механічної обробки коксу тиском (МОТ).

1.5 Висновки та постановка задач дослідження

1. Визначено, що фракція + 80 мм у коксі є найменш міцною і її присутність в скиповому коксі малоефективна, так як вона руйнується в печі найбільш скоро з утворенням дрібняку, що погіршує показники доменної плавки.

2. Доведено взаємозв'язок гарячої міцності та стиранності з гранулометричним складом коксу. Найгіршими показниками (найменший показник гарячої міцності CSR - 45,7 % та максимальну стиранність M_{10} – 11,6 %) володіє клас коксу > 80 мм, з огляду на це зміст даного класу в скиповому коксі необхідно максимально знижувати аж до повного його видалення.

3. Розглянуто існуючі схеми сортування коксу, що мають за мету зменшення класу + 80 мм.

Проаналізовані різні аспекти роботи схем та визначені недоліки з точки зору зміни гранулометричного складу в кращу сторону та зменшення фракції більше 80 мм. Результати аналізу зведені у таблицю 1.10.

З урахуванням аналізу існуючих схем, виявлення їх недоліків, для проекту обираємо схему зменшення класу більше 80 мм методом сортування коксу з його одночасною механічною обробкою на валковому грохоті регламентованим тиском.

Таблиця 1.10

Аналіз схем сортування коксу з метою зменшення класу більше 80 мм

№ п/п	Схема сортування коксу	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
1.	Типова схема коксортувальні ГИПРОкоксу	Схема проста в обслуговуванні, не потребує додаткового обладнання.	Неможливість впливу на вміст у коксі класу більше 80 мм, так як він першим виводиться з процесу сортування.
2.	Схема коксортування з бункерами для коксу	Простота та легкість в обслуговуванні.	Схема не дозволяє змінити гранулометричний склад коксу в кращу сторону.
3.	Схема коксортувальні з додатковим додрібненням коксу на грохоті	Однотимчасний розсів коксу з додрібненням класу > 80 мм.	- нестандартне обладнання - додаткові витрати; - складність конструкції, важка в експлуатації, схема має багато додаткового устаткування та споруд, що тягне за собою додаткові витрати на обслуговування.
4.	Технологічна схема коксортувальні на ПАО «АМКР»	- низькі капітальні витрати; - схема проста в реалізації, в обслуговуванні, використовується стандартне обладнання; - утворюється мало дрібного класу.	- при невеликому перевищенні норми вмісту класу більше 80 мм попередньому просіванню повинна піддаватися вся маса валового коксу, щоб відокремити клас більше 80 мм. Це додаткові витрати на обслуговування та на електроенергію.
5.	Агрегат [10] для одержання заданих властивостей коксу (АО-ЗВК), що представляє собою барабан зі змінним кутом нахилу.	- агрегат сполучає функції стабілізації коксу, класифікації та поліпшення його якості за обраним показником до бажаного рівня. Дає можливість поліпшити рівномірність ситового складу коксу зі збільшенням міцності кусків [10].	- збільшення утворення дрібних класів менше 25 мм, що одночасно зменшує вихід металургійного коксу більше 25 мм [10].
6. Схеми сортування з механічною обробкою коксу			
6.1	Механічна обробка коксу ударною плитою в потоці	- додаткова механічна обробка коксу в потоці; - дозволяє поліпшити якість коксу по вмісту класу;> 60 мм в доменному коксі на 5,3 % і класу> 80 мм - на 1,0 % [14].	- відсутність диференціювання по фракціях коксу величини механічної дії, що приводить до подрібнення сортових кусків коксу [14]

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4
6.2	Механічна обробка коксу на валковому грохоті з диференційованим режимом	- поєднання механічної обробки з його грохоченням	- додатковим подрібнюючим зусиллям піддається вся маса коксу; - нерегульованість величини механічної дії, а також можливість заклинювання і виникнення аварійних ситуацій при проходженні коксу міждискового простору [11].
6.3	Механічна обробка коксу регламентованим тиском (МОТ).	- збільшення міцності маси коксу шляхом повного руйнування маломіцних крупних кусків.	- можливість заклинювання і виникнення аварійних ситуацій

Примітка. Джерело: розроблено автором

У порівнянні з існуючими схемами запропонована схема має переваги як з технологічної так і з економічної сторін:

- технологічні переваги: простота конструкції, стандартне обладнання, легкість обслуговування, можливість регулювання продуктивністю з урахуванням навантаження;

- економічні переваги: економія на зменшенні кількості устаткування; економія витрати електроенергії у порівнянні зі схемою з використанням зубчастої дробарки; збільшення виходу металургійного коксу, за рахунок зменшення утворення коксового дрібняка.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Пропозиції по реконструкції схеми коксортувальні

Пропонується реконструкція існуючої схеми сортування коксу в коксовому цеху КХВ ПАО «АМКР», яка полягає в встановленні в схемі, замість стандартного чотирнадцяти валкового грохоту грохот з установкою для об'єднаної класифікації й механічної обробки коксу регламентованим тиском (МОТ) та демонтаж зубчастої дробарки і 10-ти валкового грохоту.

Запропонований спосіб включає класифікацію та механічну обробку коксу на грохоті, шляхом тиску на крупні куски коксу.

Мета пристрою регламентованого тиску полягає в збільшенні міцності маси коксу шляхом повного руйнування маломіцних крупних кусків. Для цього пристрій забезпечено додатковою рамою з приводними валами. На валах є диски, встановлені над опорою, шарнірно закріпленою з боку подачі коксу. Відстань між основною та додатковою рамами з боку подачі коксу більше, ніж відстань з боку виходу коксу, яка визначає розмір кусків, що попали під руйнуючий вплив. Вали обертаються назустріч один одному прошто-вхуючи кокс крізь звуження між основною та додатковою рамами. При цьому крупні куски, розмір яких більше, ніж мінімальна відстань між цими рамами, підлягають стисненню, в результаті якого вони руйнуються по місцях слабких перетинів.

Запропонований агрегат (МОТ) має такі переваги:

- легко вписується в схему коксортувальні;
- характеризується легкістю регулювання та обслуговування;
- сприяє покращенню фізико-механічних властивостей коксу.

При проходженні коксу через МОТ виникають механічні руйнуючі впливи (регламентований тиск), здатні змінити міцність або істотно вплинути на гранулометричний склад. А саме такі впливи забезпечують зміну фізико-механічних властивостей коксу.

В нашому випадку МОТ буде одночасно виконувати функцію валкового грохоту та агрегату по поліпшенню якості коксу (механічна обробка коксу регламентованим тиском 500 кг/см^2 за рахунок інтенсивної обробки коксу сприяє покращенню механічної міцності за показниками M_{25} та M_{10} [12]).

2.2 Опис базової схеми сортування коксу КХВ ПАТ «АМКР» з дробленням фракції +80 мм, що реконструюється

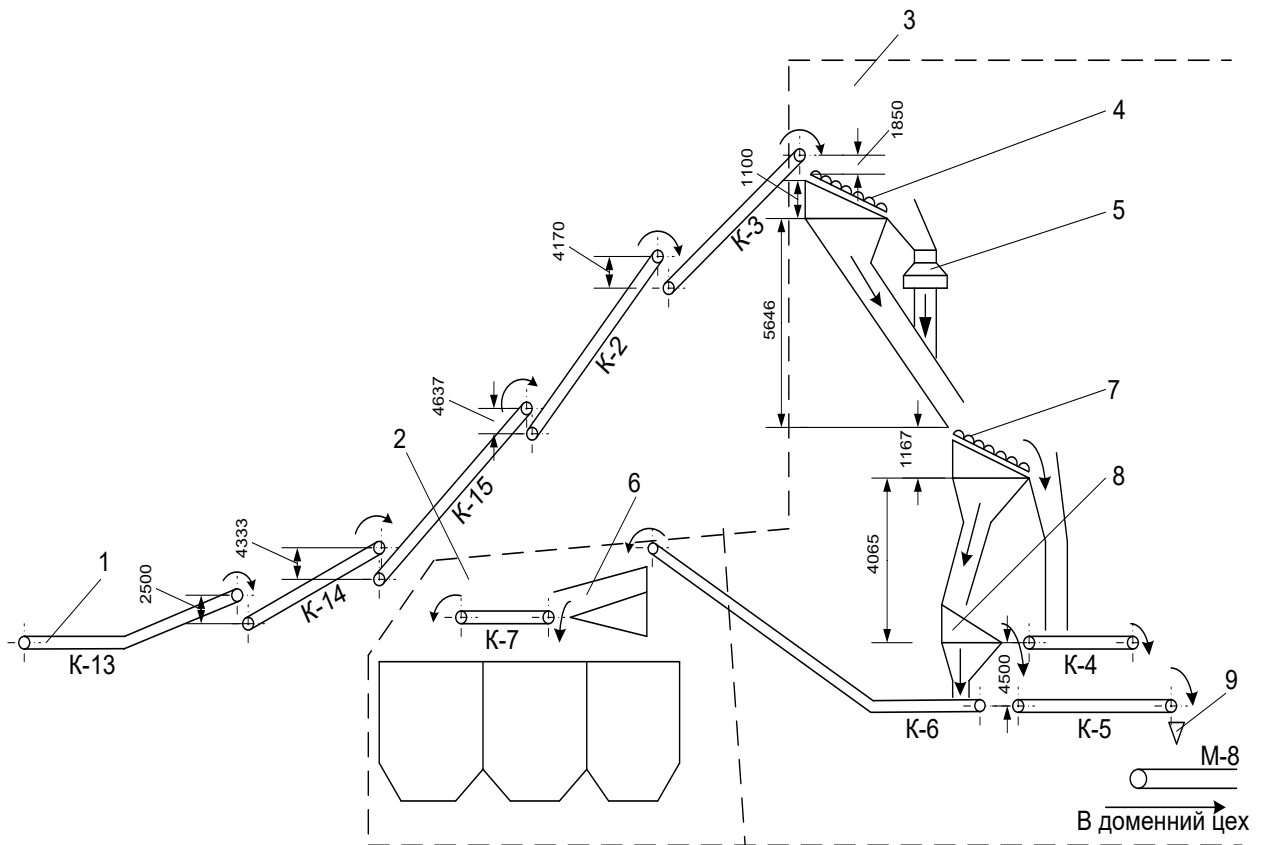
Схема, на базі якої пропонується провести реконструкцію (рис. 2.1), включає сортування коксу за класами крупності з виділенням із загальної маси коксу фракції + 80 мм й додрібненням її на двохвалковій зубчастій дробарці [3]. Згідно схеми, рамповий кокс транспортерами подається на 10-валковий грохот із зазором між дисками 80 мм. Надрешітний продукт грохоту розміром > 80 мм направляється на двохвалкову зубчасту дробарку, а потім разом із підрешітним продуктом надходить по жолобу довжиною 10 м з висоти 5,7 м на 14-валковий грохот для виділення коксу >40 мм. Підрешітний продукт 14-валкового грохоту надходить на контрольний вібраційний грохот з інерційним вібратором. Надрешітний продукт контрольного грохоту розміром >40 мм вертається в товарний кокс, а підрешітний продукт після сортування на класи 40-25, 25-10 і <10 мм подається в бункери дрібного коксу. Базова схема (прототип) має певні переваги але з економічної і технологічної точки зору має наступні недоліки, а саме:

- необхідність встановлення додаткового устаткування для відсіву та додрібнення класу +80 мм – це грохот для відсіву та зубчасту дробарку для подрібнення виділеної фракції;

- додаткове ускладнення при експлуатації схема (є необхідність у визначенні виходу класу +80 мм, направляти потоки на додрібнення);

- додаткова витрата електроенергії на роботу грохоту та дробарки [3];

- при додрібненні класу +80 мм утворюється додатковий коксовий дрібняк, що зменшує клас > 25 мм.



1 - рамповий транспортер; К - 13, К - 14, К - 15, К - 2, К - 3 - коксові транспортери; 2 - блок бункерів дрібних класів з віброгрохотом; 3 - блок коксортувальні № 3; 4 і 7 - 10-ти та 14-ти валкові грохоти; 5 - дробарка; 6 - грохот вібраційний; 8 - контрольний віброгрохот; 9 - пробовідбірник

Рис. 2.1. Схема тракту коксоподачі та сортування коксу батарей № 1 й 2 КХВ ПАО «АМКР» з дробленням фракції +80 мм

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [3]

Встановлений в схемі 14-ти валковий грохот виділяє дрібні класи і в деякій мірі руйнує крупні куски. Руйнуючий вплив здійснюється за рахунок того, вали транспортують кокс, штовхаючи його від місця завантаження до місця розвантаження. Однак цей руйнівний вплив невелик і в металургійному коксі залишається ще значна кількість крупних нетривких кусків. Ці куски зменшують міцність всієї насипної маси коксу. З іншого боку руйнування в зубчастій дробарці, яке дозволяє знизити вміст класу більше 80 мм, має головний недолік, що зменшується вихід доменного коксу за рахунок утворення

великої кількості фракції менше 25 мм. Тобто дробарка дає надмірний вихід класу менше 25 мм і зменшує вихід металургійного коксу.

Таким чином, загальними недолікам базової схеми є:

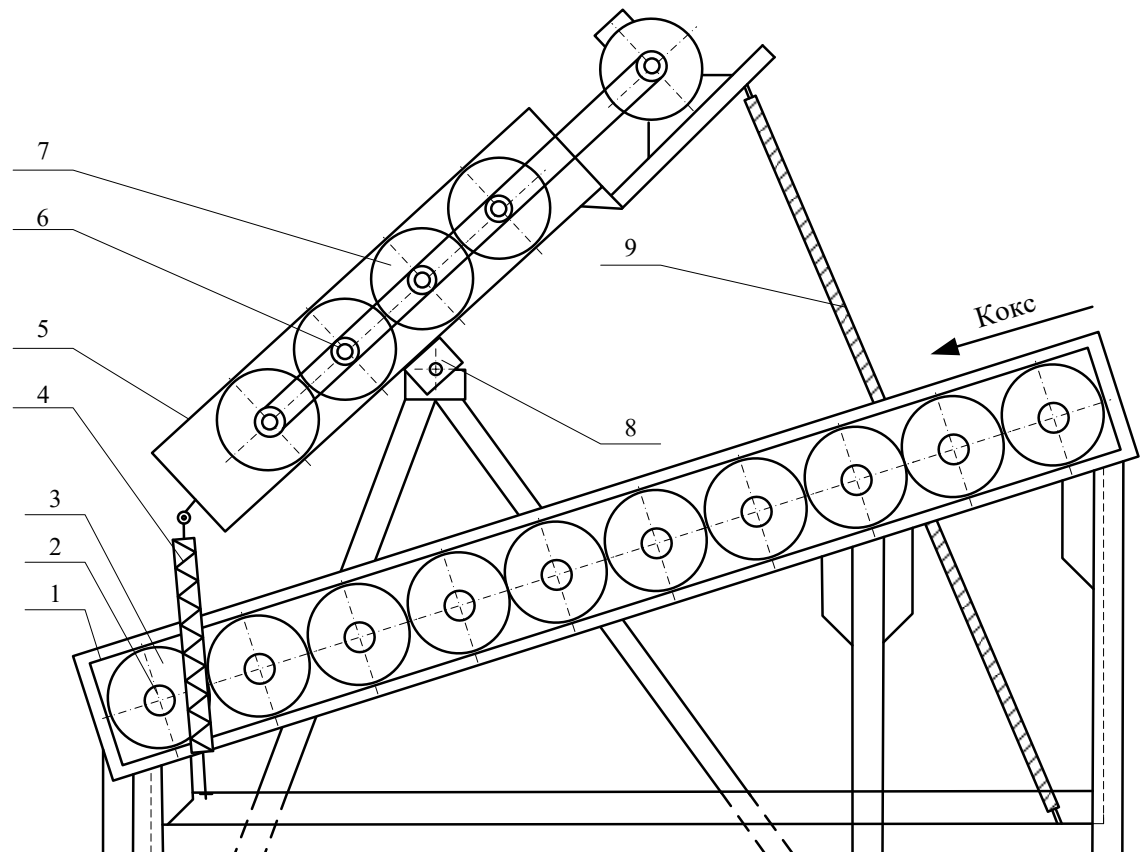
- зменшення виходу доменного коксу, за рахунок використання зубчасті дробарки що є наслідком додаткового подрібнення класу більше 80 мм;
- великі витрати електроенергії при здійсненні способу.

Запропонований спосіб дозволить виключити визначені недоліки базової схеми сортування коксу. Метою нашої реконструкції є підвищення міцності коксу шляхом більш повного руйнування маломіцних крупних кусків. На нашу думку запропонований агрегат буде зменшувати клас більше 80 мм не допускаючи надмірно переподрібнення коксу.

2.3 Опис запропонованого валкового грохоту для механічної обробки коксу регламентованим тиском

На рисунку 2.2 надано схему валкового грохоту для механічної обробки коксу регламентованим тиском [15]. Над опорною рамою валкового грохоту, з валами 2 і дисками 3, встановлюють додаткову раму 5 із приводними валами 6 і насадженими на них дисками 7. Рама 5 закріплена на шарнірній опорі 8, а з боку виходу готового продукту натягнуті дві пружини 4 діаметром 100 мм із проволочи товщиною 10 мм.

Вали 6 з'єднані між собою й із приводом таким чином, що усі обертаються убік, протилежний обертанню валів грохоту 2. Додаткова рама 5, під дією пружин, встановлюється під кутом до площини розсіву. Мінімальна відстань між торцями дисків 7 і дисків 3 обмежується ланцюгами 9, які встановлені з боку подачі коксу. Рама може повертатися на деякий кут навколо шарнірної осі 8, переборюючи зусилля пружини.



1 - опорна рама; 2 - вали валкового грохоту; 3 - диски валкового грохоту;
 4 - дві пружини; 5 - рама; 6 - приводні вали; 7 - диски; 8 - шарнірна опора;
 9 – ланцюг

**Рис. 2.2. Установка для об'єднаної класифікації та механічної обробки
 коксу регламентованим тиском (МОТ)**

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [15]

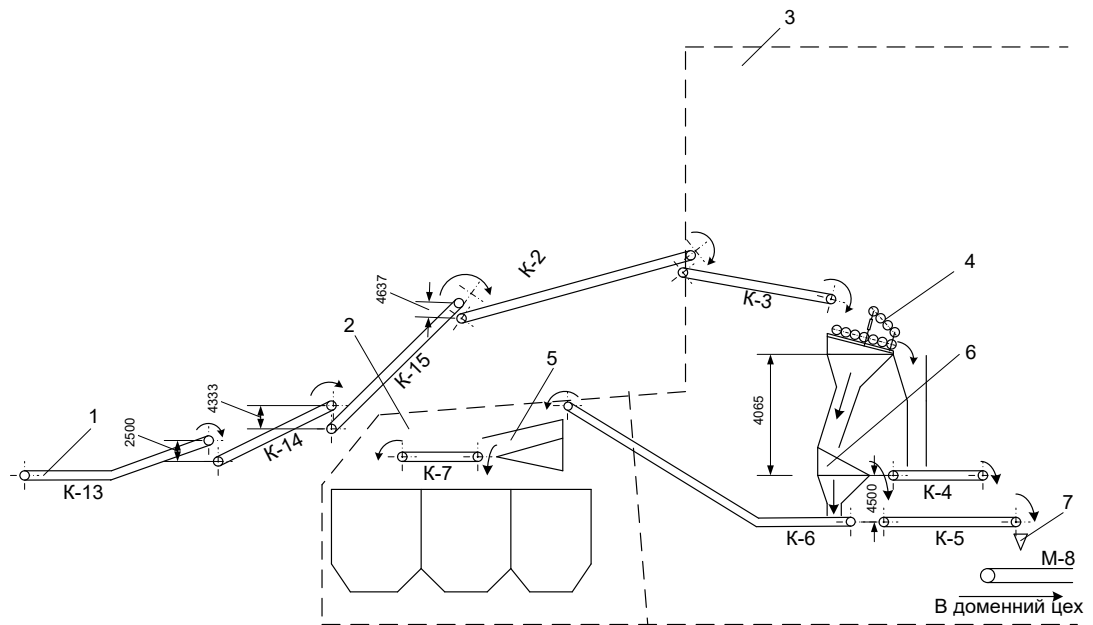
Кокс, що подається на класифікацію переміщається по грохоту в напрямку стрілки. При цьому він заходить під вали 6. У міру просування коксу його поверхня усе більше зближається з торцями дисків 7. У деякому місці куски коксу будуть захоплені верхніми й нижніми дисками. Насипна маса коксу не в змозі передати значних навантажень, тому у випадку тиску верхніми дисками на шар, утворений декількома кусками, куски розійдуться по ширині грохоту. У районі найменшого зазору товщина потоку зменшується за рахунок зростаючої по ходу матеріалу швидкості обертання валів грохоту.

Кусок, що перевищує за своїми розмірами щілину, задану відстанню між торцями верхніх і нижніх дисків, піддається тиску, встановленому й регульованому за допомогою пружин 4.

Запас міцності валів грохоту дозволяє витримати додаткове концентроване в середній частині навантаження, рівне 500 кг/см^2 [12]. Для руйнування кусків класу +80 мм потрібно значно менший тиск, що дозволяє реалізувати даний метод без погрози деформації валів і поломки грохоту. У випадках, коли під раму попадає сторонній предмет високої міцності або товщина потоку перевищить задану, рама може повернутися навколо шарнірної осі, збільшуючи зазор. Привід верхніх валів здійснюється двигуном потужністю 4,8 кВт з числом оборотів 1420 хв^{-1} [12] у порівнянні з зубчастою дробаркою, що має потужність 13 кВт. Передавальне число редуктора $I = 25$. Верхні вали розташовані над грохотом таким чином, щоб мінімальний зазор створюється над третім (рахуючи від останнього по ходу коксу) валом грохоту [12].

2.4 Реконструйована схема сортування коксу з механічною обробкою коксу регламентованим тиском

За реконструйованою схемою (рис. 2.3) передбачається установка в існуючу схему грохоту з МОТ, замість чотирнадцяти валкового грохоту та демонтаж зубчастої дробарки і 10-ти валкового грохоту. За схемою валовий кокс з коксових батарей після мокрого гасіння транспортерами К - 13, К - 14, К - 15, К - 2, К - 3 подають на прийомну ринву, де він розподіляється по ширині грохоту з МОТ, який працює в такий спосіб. Привід обертає вали 2 з дисками 3 і кокс переміщається в напрямку стрілки (див. рис. 2.2). Переміщаючись він заходить під вали 6 з дисками 7, що закріплені в додатковій рамі 5 та обертаються назустріч валів 2. Привід обертання може бути як індивідуальним, так загальним з валами 2.



1 - рамповий транспортер; К - 13, К - 14, К - 15, К - 2, К - 3 - коксові транспортери; 2 - блок бункерів дрібних класів з віброгрохотом; 3 - блок коксосортувальні № 3; 4 – валковий грохот з установкою механічної обробки коксу регламентованим тиском (МОТ); 5 - грохот вібраційний; 6 - контрольний віброгрохот; 7 - пробовідбірник

Рис. 2.3. Реконструйована схема сортування з механічною обробкою коксу регламентованим тиском

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [3]

У міру просування кокс все більше зближується верхньою поверхнею кусків з дисками на валах додаткової рами. Крупні куски в деяких місцях стикаються з дисками, захоплюються ними і проштовхуються в напрямку руху всього потоку, піддаючись стиску.

Під дією стискаючих зусиль крупні маломіцні куски руйнуються по місцях слабких перетинів. У відсіяному металургійному коксі частка крупних кусків зменшується, а міцність всієї маси зростає. Зусилля стиснення регулюється підпружиненою опорою 4. Якщо кусок досить міцний рама 5 з валами 6 повертається в шарнірної опорі 8, пропускаючи його разом з основним потоком.

2.5 Показники якості коксу отриманого за реконструйованою схемою

Випробування, проведені в умовах Руставського металургійного заводу показали ефективність установки МОТ (табл. 2.1) [3].

Таблиця 2.1

Ефективність механічної обробки коксу тиском (МОТ)

Кокс	Гранулометричний склад, %, по класах, мм				
	>80	80-60	60-40	40-25	<25
Без механічної обробки коксу регламентованим тиском					
Перед грохотом	26,0	36,2	34,1	3,7	0
Надрешітний після грохоту	19,0	37,7	39,9	2,1	1,2
Підрешітний	0	0,1	1,0	2,9	2,0
Загальний склад, %, після грохоту	17,9	35,5	38,5	4,9	3,2
Зміна, %, абс. надрешітного	-7,0	1,5	5,8	-1,6	1,2
Значення величини механічного впливу грохоту (n_e) (УЕВМН - умовний еквівалент величини механічного навантаження.)	1,5			10,7	
З механічною обробкою коксу регламентованим тиском					
Перед грохотом	25,3	37,8	32,6	4,3	0
Надрешітний після грохоту	10,5	33,6	49,7	4,9	1,3
Підрешітний	0,0	0,1	1,3	4,1	2,5
Загальний склад, %, після грохоту	9,7	31,0	47,0	8,6	3,7
Зміна, %, абс. надрешітного	-14,8	-4,2	17,1	0,6	1,3
Значення величини механічного впливу (УЕВМН) грохоту з МОТ(n_e)	17,6			13,4	

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [3]

Основні переваги, що дозволяють визначити економічну обґрунтованість застосування установки МОТ, полягають у економії від зменшення експлуатаційних витрат та збільшенні виходу доменного коксу.

1. Технологічні переваги:

- простота обслуговування; мінімальні витрати на придбання, монтаж та ремонт МОТ;

- економія за рахунок меншої витрати електроенергії у порівнянні з зубчастою дробаркою, так потужність двигуна МОТ складає 4,8 кВт, а потужність зубчастої дробарки складає 13 кВт [3];

- економія на зменшенні кількості устаткування у схемі сортування.

2. Зменшення вмісту класу більше 80 мм (табл. 2.1):

- без МОТ до грохоту вміст класу більше 80 мм складав 26,0 %, а після грохоту 17,9 %, тобто зменшення склало 8,1 %;

- з МОТ до грохоту вміст класу більше 80 мм складав 25,3 %, а після грохоту 9,7 %. Тобто зменшення склало 15,6 %.

3. Економія на збільшенні виходу доменного коксу:

- при роботі базової схеми з зубчастою дробаркою, коли додрібнюється клас більше 80 мм та об'єднується з іншим коксом, зменшується вихід самого цінного класу більше 25 мм (доменний кокс), тому що неможливо виключити при подрібненні класу більше 80 мм утворення дрібняку, тобто при роботі дробарки завжди будуть втрати доменного коксу.

Як видно з табл. 2.1, при використанні МОД утворюється відносно невелика кількість дрібних класів. У розрахунку руйнування на 1 % кусків коксу більше 60 мм, фракції менш 25 мм утворюється всього 0,0368 % [3]. При такому ж розрахунку при механічній обробці коксу іншими методами, кількість дрібняку складала $0,1 \div 0,22$ % [3, 12].

Так, по даним [3], при дробленні від 15 до 25 % класу більше 80 мм у зубчастій валковій дробарці, утворюється $6,0 \div 7,5$ % класу менше 25 мм (від коксу, що надходив на дроблення). При дробленні коксу класу більше 60 мм, кількість дрібняку, що утворюється, (<25 мм) збільшилося до $8 \div 10$ %.

Суттєвою перевагою запропонованого агрегату є те, що оброблений кокс характеризується поліпшеними показниками механічної міцності. Про це свідчать результати випробування проведених в умовах Руставського металургійного заводу (табл. 2.2) [3].

Таблиця 2.2

Вплив механічної обробки коксу тиском на міцні властивості коксу

Стан проби коксу	Показники міцності коксу (за ДСТУ 5953-72)			Константа дробимості, δ	Константа стиранності, Δ
	M_{25}	M_{10}	$K_{др.}$		
До грохотування	87,5	7,4	143	72,4	20,4
Після грохотування	88,1	7,3	136	61,5	18,7
До грохотування	87,0	8,0	149	80,1	21,4
Після грохотування з МОТ	88,0	7,1	133	57,0	17,3
Зміни за рахунок МОТ:					
- абсолютні	+0,6	-0,8	-9,0	-12,2	-2,4
- відносні	0,7	11,3	6,7	21,4	13,9

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [3]

В таблиці вказані данні константи дробимості (δ), яка визначається за формулою:

$$\delta = n^{-\chi} \cdot \ln \frac{D_0}{D_n}, \quad (2.1)$$

де D_0 й D_n - середні діаметри кусків у вихідній насипній масі й після n числа впливів, відповідно;

δ й χ - константи процесу зміни діаметрів при руйнуванні.

Дробимість коксу може бути оцінена показником ступеня експоненціального рівняння, що описує зміну середнього діаметра кусків при руйнуванні. Константа дробимості може бути визначена за даними руйнування проби коксу в будь-якому апараті, а її значення, знайдені випробуванням в одних умовах, можна перерахувати для інших умов руйнування.

Як бачимо константа дробимості δ зменшується на 21,4 %, константа стиранності Δ зменшується на 13,9 %, показник M_{25} збільшується на 0,7 % (відн.), показник M_{10} зменшується на 11,3 % (відн.) [3].

Ці данні вказують на високу ефективність МОТ. Крім того МОТ не включає інших способів обробки коксу, а доповнює їх. У роботі [3], опираючись на дослідження в умовах сортування коксової батареї 3-4 КХВ ПАТ

«АМКР», наведені результати обробки двох різних коксів у валково-зубчастій дробарці (табл. 2.3.)

Таблиця 2.3

Вплив обробки валового коксу в зубчато-валковій дробарці на властивості коксу

Завод, місце відбору проб	Гранулометричний состав (%) по класах, мм					Міцність, %	
	>80	80-60	60-40	40-25	<25	M ₂₅	M ₁₀
Завод 1(КХВ ПАТ«АМКР») до дробарки	10,3	35,1	40,5	11,5	2,6	86,7	7,9
Після дробарки	0,6	14,5	56,4	24,8	3,7	87,0	6,7
Завод 2 ПАТ «Баглейкокс» до дробарки	23,5	34,4	23,4	11,6	7,1	84,4	13,0
Після дробарки	8,3	12,3	37,4	15,8	26,2	88,6	5,4

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [3]

В дробарці відбувається обробка всього валового коксу, при обмеженні мінімального розміру кусків, що руйнуються. Ефективність такої обробки залежить від властивостей коксу, що руйнується. Як видно із даних, слабкий по міцності кокс заводу 2, після інтенсивної обробки, що супроводжується переходом 19,1 % (26,2-7,1) коксу з доменного +25 мм у дрібний <25 мм, став міцнішим, чим першого заводу. Доцільність такої значної втрати ресурсів доменного коксу може викликати сумніви й визначиться конкретними умовами виробництва й збуту. Кокс заводу 1 мав досить високу міцність. Це визначило, навіть при зниженні фракції +60 мм на 30,3 % (абс.), незначну зміну M₂₅ і M₁₀ як на заводі 2. Позитивний вплив регламентованим тиском на механічну міцність коксу визначають і автори в роботі (табл. 2.4) [12].

Таблиця 2.4

Вплив механічної обробки регламентованим тиском на якість коксу

Проба коксу	Гранулометричний склад (%) за класами, мм					Показники за ДСТУ 5953-72	
	>80	80-60	60-40	40-25	<25	M ₂₅	M ₁₀
Після звичайної класифікації	25,2	41,0	27,9	3,2	2,7	86,1	8,8
Після класифікації та МОТ	16,9	37,4	39,5	3,2	3,0	87,5	8,0

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [12]

На їхню думку висока ефективність МОТ обґрунтована наступними визначеними даними:

- зниженням кількості класу більше 80 мм на 8,3 % з 25,2 до 16,9 % (табл. 2.3);

- покращення якості коксу за показником механічної міцності M_{25} збільшився на 1,4 % з 86,1 до 87,5 % та показником стираності M_{10} зменшився 0,8 % без МОТ – 8,8 %, з МОТ – 8,0 %.

Зміна гранулометричного складу коксу в процесі обробки в МОТ представлені в таблиці 2.5 [12]

Таблиця 2.5

Зміна гранулометричного складу коксу в процесі обробки в МОТ

Проба	Кокс	Гранулометричний склад (%) за класами, мм					Σ
		>80	80-60	60-40	40-25	<25	
1	Вихідний	27,2	37,0	31,4	4,4	0	100,0
	Надрешітний	8,1	29,9	49,4	5,1	1,1	93,6
	Підрешітний	-	-	0,7	3,8	1,9	6,4
2	Вихідний	24,7	40,8	31,0	3,5	0	100,0
	Надрешітний	11,6	33,2	42,6	3,8	1,0	92,2
	Підрешітний	-	0,4	1,5	2,5	3,4	7,8
3	Вихідний	24,0	35,6	35,4	5,0	0	100,0
	Надрешітний	9,4	29,6	45,1	4,6	1,4	90,0
	Підрешітний	-	-	1,8	5,9	2,2	9,1
Середня зміна за рахунок МОТ:							
абсолютне		-7,5	-6,0	+10,0	+3,0	+0,5	-7,5
відносне		29,6	15,8	30,7	71,5	-	-

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [12]

Як бачимо, з приведених даних, ефект від запровадження МОТ виражено зниженням на 29,6 % (відн.) кількості коксу класу більше 80 мм та на 15,8 % класу 80-60 мм. При цьому збільшується вміст в коксі класів крупності 60-40 та 40-25 мм. Крім того автори визначили, що на 1 % зменшення вмісту класу більше 80 мм утворюється 0,067 % дрібняку, а у порівнянні з іншими методами механічної обробки, у яких утворення дрібняку складає 0,10-0,22 % [12]. Основна причина цього полягає в тому, що при обробці в МОТ

поділ кусків коксу здійснюється по місцях глибоких тріщин. Це обумовлює збільшення міцності обробленого коксу.

На думку авторів [12] отримані дані стосовно відносної зміни якості коксу можуть бути використані для розрахунку економічної доцільності застосування МОТ. Наприклад є кокс з характеристиками: вміст класу більше 80 мм – 9 %, M_{25} – 88 %, M_{10} – 7 %. Застосування МОТ при підготовці такого коксу к доменній плавці обумовлює наступне покращення його якості: зменшення вмісту класу більше 80 мм на 2,6 %, збільшення M_{25} на 0,6 %, зменшення M_{10} на 0,8 %. При цьому утворення дрібняку складе 0,18 %.

Покращення якості коксу сприяє зменшенню витрати коксу та збільшення продуктивності доменної печі.

Таким чином, запропоновані технологічні рішення дозволять поліпшити наступні показники якості коксу:

- показник механічної міцності M_{25} збільшується на 1,4 %;
- показник стираності M_{10} зменшується 0,8 %;
- зниження кількості класу більше 80 мм на 8,3 %.

Крім того запровадження проектних рішень дозволить отримати і економічні переваги:

- економія на зменшенні кількості устаткування (замість 2-х 10 та 14-ти валкових грохотів та зубчастої дробарки встановлюємо 10-ти валковий грохот з МОТ);

- економія витрати електроенергії у порівняння зі схемою з використанням зубчастої дробарки (потужність МОТ 4,8 кВт у порівнянні з зубчастою дробаркою, що має потужність 13 кВт);

- збільшення виходу металургійного коксу, за рахунок зменшення утворення коксового дрібняка.

Застосування запропонованого агрегату МОТ дає можливість поліпшити рівномірність ситового складу коксу зі збільшенням міцності кусків, що відкриває більші можливості підвищення показників доменної плавки,

тобто передбачається отримання економічного ефекту у доменному виробництві.

2.6 Розрахунок основного устаткування коксортувальні

Продуктивність коксортувальки визначається за формулою:

$$Q = \frac{N \cdot n \cdot p \cdot T \cdot k_1 \cdot k_3}{t \cdot k_2} \quad (2.1)$$

де Q - переробка валового коксу, т / добу;

N - число батарей, 4 шт. [17];

n - кількість печей в батареї, 64 [17];

p - разове завантаження сухої шихти в одну піч, т ($p = V_k \cdot \gamma = 30,1 \cdot 0,8 = 24,1$);

T - тривалість роботи коксового блоку, год. / добу;

t - час обороту печей, год.;

k_1 - коефіцієнт виходу сухого коксу з сухої шихти;

k_2 - коефіцієнт, що враховує вміст вологи в коксі після гасіння (0,94);

k_3 - коефіцієнт, що враховує підвищення продуктивності при форсованій роботі коксового блоку (1,07) [17].

$$Q = \frac{4 \cdot 64 \cdot 24,1 \cdot 24 \cdot 0,7711 \cdot 1,07}{15 \cdot 0,94} = 8310 \text{ т/доб.} : 24 = 347 \text{ т/год.}$$

Для зменшення класу крупності більше 80 мм рекомендується до установки вібраційний грохот з МОТ продуктивністю 175 т/год. [12].

Кількість грохотів складе:

$$N_{\text{ГР.}} = Q/Q_{\text{ГР.}}, \quad (2.2)$$

$$N_{\text{ГР.}} = 347:175 = 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо до установки 2 грохота з МОТ.

2.7 Економічне обґрунтування розроблених технологічних рішень

2.7.1 Обґрунтування сутності запропонованих дослідницьких рішень і чинників, що обумовлюють їх економічну ефективність

У випускній роботі проведено дослідження процесу сортування коксу з метою вдосконалення схем сортування з механічною обробкою коксу.

На підставі проведеного дослідження, в умовах коксового цеху КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», в базовій схемі пропонується заміна чотирнадцяти валкового грохота на грохот з установкою для об'єднаної класифікації й механічної обробки коксу регламентованим тиском (МОТ) в кількості 2-х шт., та демонтаж зубчастої дробарки і 10-ти валкового грохоту.

Запропоновані технологічні рішення дозволять отримати економічні переваги: економія на зменшенні кількості устаткування (замість 10 та 14-ти валкових грохотів та зубчастої дробарки встановлюємо грохот з МОТ); економія витрати електроенергії у порівнянні зі схемою з використанням зубчастої дробарки (потужність 4,8 кВт у порівнянні з зубчастою дробаркою, що має потужність 13 кВт); зменшення витрат електроенергії приблизно на 25 %; збільшення виходу металургійного коксу на 23 %, за рахунок зменшення утворення коксового дрібняка. В таблиці 2.6 визначені чинники, що обумовлюють економічну доцільність проектних рішень.

Таблиця 2.6

Чинники, що обумовлюють економічну доцільність проектних рішень

Найменування показників, що змінюються внаслідок проектних рішень	Зміни (\pm)	Джерело інформації
	абсолютне	
Збільшення виходу металургійного коксу, %	на 23	див. розділ 2.5
Первісна вартість 2-х грохотів з установкою для об'єднаної класифікації й механічної обробки коксу регламентованим тиском (МОТ), тис. грн.	875,0	Інтернет ресурс www.stat.gov.ua

Примітка. Джерело: розроблено автором

2.7.2 Кошторис капітальних витрат на спорудження установки МОТ

Для установки нового устаткування (грохоту з МОТ) потрібно провести демонтаж старих грохотів (в цілому 2 штуки – 14-ти та 10-ти валкових) та зубчастої дробарки. Маса старого грохота 2,3 тонн. Вартість демонтованого устаткування складе:

$$C_{\text{дем.}} = (2 \cdot m_1) \cdot (1 \cdot m_2) \cdot 2225, \quad (2.3)$$

де m_1 – маса одного грохота, 2,3 т;

m_2 – маса зубчастої дробарки, 1,1 т;

2225 – вартість старого устаткування за одну тонну, грн.

$$C_{\text{дем.}} = (2 \cdot 2,3) \cdot (1 \cdot 1,1) \cdot 2225 = 11258,5 \text{ грн.}$$

Витрати на демонтаж складають 15 %.

Витрати на демонтаж дробарки та грохота складають:

$$V_{\text{дем.}} = C_{\text{дем.}} \cdot 0,15 \quad (2.4)$$

$$V_{\text{дем.}} = 11258,5 \cdot 0,15 = 1689 \text{ грн.}$$

Вартість старого устаткування та його демонтаж складе :

$$V_{\text{ст.уст.}} = 11258,5 + 1689 = 12947,5 \text{ грн.}$$

Згідно даним ВУХІНу первісна вартість одного грохота з МОТ складає 437500 грн. Первісна вартість двох грохотів складає 875000 грн. Витрати на державне мито складають 1 % від капітальних витрат:

$$PЗ = ПВ \cdot 0,01, \quad (2.5)$$

де $PЗ$ – витрати на державне мито, грн.

$$PЗ = 875000 \cdot 0,01 = 8750 \text{ грн.}$$

Витрати на монтаж (ВМ) складають 10 % від капітальних витрат:

$$ВМ = K_1 \cdot 0,10, \quad (2.6)$$

$$ВМ = 875000 \cdot 0,10 = 87500 \text{ грн.}$$

Витрати на доставку до місця монтажу (ВТ), будуть складати 15 % від капітальних витрат:

$$ВТ = K_1 \cdot 0,15, \quad (2.7)$$

$$ВТ = 875000 \cdot 0,15 = 131250 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на монтаж та транспортування:

$$B_{заг} = PЗ + ВМ + ВТ \quad (2.8)$$

$$B_{заг} = 8750 + 87500 + 131250 = 227500 \text{ грн.}$$

У цілому загальні капітальні витрати складають:

$$KB = ПВ + B_{заг} - V_{ст.уст.} \quad (2.9)$$

$$KB = (875000 + 227500) - 12947,5 = 1089552,5 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.7

Кошторис капітальних витрат на спорудження установки МОТ

Статті витрат	Кошторисна вартість, грн.				
	Прейскурантна вартість (ПВ)	Державне мито (реєстраційний збір) (1 %) (PЗ)	Транспортні і складські витрати (15 %) (ВТ)	Будівельно-монтажні роботи (10 %) (ВМ)	Загальна вартість (KB)
2 грохота з установкою МОТ	875000	8750	131250	87500	1089552,5

Примітка. Джерело: розроблено автором

2.7.3 Розрахунок експлуатаційних витрат на заходи технічного, технологічного та організаційного характеру

Визначення витрат на поточний ремонт

Для визначення витрат на поточний ремонт (згідно з плановими графіками проведення ППР) установки з МОТ використано формулу:

$$C_p = KB \cdot 7 / 100, \quad (2.11)$$

де 7 % - витрати на поточний ремонт грохота, які встановлено за статистичними даними цеху у відсотках до суми первісної балансової вартості основних фондів. Отже

$$C_p = 1089552,5 \cdot 7 / 100 = 76268,7 \text{ грн.}$$

Визначення витрат на капітальний ремонт

Згідно ЗУ «Про оподаткування прибутку підприємств» на собівартість продукції можуть бути віднесені затрати на капітальний ремонт в розмірі 10 % в балансової вартості основних фондів. Тому, величина капітальних витрат на капітальний ремонт по проектній технології повинна складати:

$$C_{к.в} = 1089552,5 \cdot 10 / 100 = 108955,25 \text{ грн.} \quad (2.12)$$

Але, необхідно зауважити, що згідно з графіком проведення капітальних ремонтів проводяться з періодичністю 1 раз 3-5 років [18].

2.7.4 Розрахунок економії поточних витрат

Розрахуємо витрати електроенергії при цілодобовій праці обладнання.

Пропонується встановлення в базову схему 2-х грохотів з установкою МОТ. В таблиці 2.8 представлено технологічну характеристику запровадженого устаткування.

Таблиця 2.8

Технологічна характеристика запровадженого устаткування

№ з/п	Найменування та характеристика устаткування	Одиниці вимірювання	Величина
1	Кількість та характеристика вібраційного грохоту з МОТ:	шт.	1
	- крупність матеріалу, що проходить обробку в агрегаті	мм	25...80
	- продуктивність 10-ти валкового вібраційного грохоту з МОТ	т/год	175
	- характеристика електродвигуна: - питома потужність електродвигуна приводу МОТ на 1 т помолу; - число обертання - передаточне число редуктора I	кВт/т хв. ⁻¹	4,8 1420 25
2	Витрати на проведення робіт по впровадженню	тис. грн.	1089552,5 (форм. 3.7)
3	Вартість однієї години електроенергії	грн.	0,59

Примітка. Джерело: розроблено автором

Впровадження розробки дозволить отримати економію витрати електроенергії у порівнянні зі схемою з використанням зубчастої дробарки (потужність 4,8 кВт у порівнянні з зубчастою дробаркою, що має потужність 13 кВт).

Розрахунок вартості електроенергії

Річні витрати на електроенергію (ВЕ) розраховуються за формулою:

$$BE = PCE \cdot v, \text{ грн.} \quad (2.13)$$

де v - тариф за 1 кВт/год. електроенергії рівна 0,59 грн.;

PCE - річне споживання електроенергії, кВт.

Річне споживання електроенергії визначається з виразу:

$$PCE = \sum_{i=1}^n B\Pi_i \cdot K_{zi} \cdot K_{pi}, \text{ кВт} \quad (2.14)$$

де n_i - кількість устаткування i -го типу, шт.;

$ВП_i$ – виробнича потужність i -го устаткування, кВт;

K_3 – коефіцієнт завантаження устаткування протягом зміни.

$$K_{3i} = \frac{T_{зм} - T_{пр}}{T_{зм}}, \quad (2.15)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, год.;

$T_{пр}$ – час простоїв протягом зміни, год.;

$$K_{3i} = \frac{24 - 1,0}{24} = 0,96 \%$$

K_p – кількість годин роботи на рік, год.

$$K_p = T_{зм} \cdot n_{зм} \cdot T_p, \quad (2.16)$$

де T_p – кількість робочих днів у році, днів;

$$T_p = 365 - T_{ппр} - T_{кл} - T_{ін}, \text{ дїб}, \quad (2.17)$$

$T_{ппр}$ – час на проведення ППР, днів;

$T_{кл}$ – час простоїв за кліматичними умовами (3–5), днів;

$T_{ін}$ – невраховані простої (1-2), днів.

$$T_p = 365 - 2 - 3 - 2 = 358 \text{ дїб}$$

$$K_p = 358 \cdot 1 \cdot 24 = 8592 \text{ год./рік}$$

В таблиці 2.9 представлено технологічну характеристику устаткування базової схеми (двохвалкової зубчастої дробарки ДДЗЭ-9×9) до впровадження. До базової схеми входить 2 грохота (10-ти та 14-ти валкові) та зубчаста дробарка.

Розрахунок витрати електроенергії за базовою схемою

Розрахуємо річне споживання електроенергії зубчастою дробаркою до впровадження проектних заходів:

$$P_{СЕ_{з.д.}} = 13 \cdot 0,96 \cdot 8592 = 107228,16 \text{ кВт} \quad (2.18)$$

де 13 кВт – потужність зубчастої дробарки

Таблиця 2.9

Технічна характеристика двохвалкової зубчастої дробарки ДДЗЭ-9×9

Найменування	Одиниці вимірювання	Значення
Тип	–	ДДЗЭ-9×9
Продуктивність по живленню	м ³ /год	60-120
Діаметр валків	мм	900
Номинальна частота обертання валків	об/хв	42
Крупність матеріалу, що подрібнюється	мм	25.....150
Найбільший розмір куска завантажувального коксу	мм	360
Габаритні розміри: - ширина - довжина - висота	мм	2600 2300 1200
Питома потужність на 1 т помолу	кВт/т	2
Потужність електродвигуна	кВт	13
Маса	кг	13300

Примітка. Джерело: розроблено із використанням [16]

Розрахуємо річне споживання електроенергії грохотами до впровадження проектних заходів:

$$P_{CE_{B.GP.}} = 10 \cdot 0,96 \cdot 8592 \cdot 2 = 164966,4 \text{ кВт} \quad (2.19)$$

де 10 кВт – потужність грохоту

Загальна витрата електроенергії за базовою схемою складає:

$$P_{CE_6} = P_{CE_{з.д.}} + P_{CE_{B.GP.}} = 107228,16 + 164966,4 = 272194,56 \text{ кВт} \quad (2.20)$$

Розрахуємо річні витрати на електроенергію за базовою схемою (BE_6):

$$BE_6 = 272194,56 \cdot 0,59 = 160594,79 \text{ грн./рік} \quad (2.21)$$

Запроваджена установка МОТ має потужність 4,8 кВт у порівнянні з зубчастою дробаркою, що має потужність 13 кВт. З огляду на зменшення витрат електроенергії приблизно на 25 % при реконструкції коксортувальні, зробимо розрахунок економічного ефекту для енергетичних витрат.

Розрахуємо річне споживання електроенергії установкою 2-х грохотів МОТ:

$$P_{\text{СЕМОТ}} = 4,8 \cdot 0,96 \cdot 8592 \cdot 2 = 79183,87 \text{ кВт} \quad (2.22)$$

Розрахуємо річні витрати на електроенергію ($BE_{\text{МОТ}}$):

$$BE_{\text{МОТ}} = 79183,87 \cdot 0,59 = 46718,48 \text{ грн./рік} \quad (2.23)$$

Розрахуємо економію від зменшення витрати електроенергії за проектною установкою:

$$E_{\text{ел.}} = BE_{\text{з.д.}} - BE_{\text{МОТ}} = 160594,79 - 46718,48 = 113876,3 \text{ грн.} \quad (2.24)$$

Розрахуємо економію на збільшенні виходу коксу. Згідно завдання продуктивність коксового цеху складає 2500000 т валового коксу на рік. Перерахуємо продуктивність на металургійний кокс при роботі в схемі сортування установки регламентованого тиску (МОТ):

$$2500000 \cdot 0,97 = 2425000 \text{ т /рік} \quad (2.25)$$

Вихід чавуну складає:

$$2500000 \cdot 0,97 : 467 = 5192,7 \text{ т} \quad (2.26)$$

Перерахуємо продуктивність на металургійний кокс при роботі в схемі сортування зубчастої дробарки:

$$2500000 \cdot 0,74 = 1850000 \text{ т /рік} \quad (2.27)$$

Вихід чавуну складає:

$$2500000 \cdot 0,74 : 467 = 3961,45 \text{ т} \quad (2.28)$$

Економія на виході металургійного коксу складе:

$$2425000 - 1850000 = 575000 \text{ т/рік} \quad (2.29)$$

Вихід чавуну складає:

$$B_{\text{ч}} = \frac{575000}{467} = 1231,26 \text{ т} \quad (2.30)$$

де 467 – витратний коефіцієнт коксу на тону чавуну.

Економія на збільшенні виходу металургійного коксу ($E_{\text{в.к.}}$) складає:

$$E_{\text{в.к.}} = 1231,26 \cdot 2400 = 2955024 \text{ грн.}, \quad (2.31)$$

де 2400 – собівартість тони чавуну

2.7.5 Розрахунок економічного ефекту від запропонованих заходів

Річний економічний ефект від капітальних вкладень:

$$E_p = \Pi_{\text{дод.}} - E_n \cdot K_{\text{дод.}}, \quad (2.32)$$

де E_p - економічний ефект на основі додатково одержаного прибутку;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ($E_n = 0,15$);

$K_{\text{дод.}}$ - капітальні вкладення на впровадження запропонованих заходів, тис. грн.

$$\Pi_{\text{дод.}} = E_{\text{сл.}} + E_{\text{в.к.}} \quad (2.33)$$

$$\Pi_{\text{дод.}} = 113876,3 + 2955024 = 3068900,3 \text{ грн.}$$

$$E_p = 3068900,3 - 0,15 \cdot 1089552,5 = 2905476 \text{ грн.}$$

Зроблені розрахунки дають наступні результати:

- капітальні витрати на встановлення установки МОТ у коксовому цеху

визначені на суму 1089552,5 грн.;

- загальна економія від впровадження дослідної технології 3068900,3 грн.;

- річний економічний ефект складає 2905476 грн.

Таким чином, в проектних умовах упровадження нового грохоту з МОТ на КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» характеризується основним ефектом – 2905476 грн.

2.8 Екологічні аспекти роботи коксового цеху КХВ та заходи по захисту навколишнього середовища

Коксохімічне виробництво - галузь чорної металургії, яка займається переробкою вугілля методом коксування. Основний продукт цієї галузі - кокс. Для поліпшення якості цього продукту використовують різні способи. Група коксових печей утворюють коксову батарею, висота батареї близько 7 метрів ширина близько 14 метрів. Батарея знаходиться у відкритому навколишньому середовищі. Її обслуговують коксові машини, кожна з яких виконує свої функції: завантаження шихти, видача коксу, спрямування коксу в гасильний вагон і гасіння коксу. Усі ці технологічні операції негативно впливають на здоров'я робітників і навколишнє середовище.

2.8.1 Аналіз потенційних небезпек та заходи зниження їх впливу

Небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час виконання робіт в коксовому цеху №1 зведені у таблиці 2.10.

Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони

Технологічний процес не може забезпечити відсутності викидів у навколишнє середовище. Через негерметичність коксових дверцят, або під час завантаження печі, викидів залишку коксового газу під час відключення печі від газозбірника.

Таблиця 2.10

Небезпечні та шкідливі фактори коксового цеху

Джерело фактора; найменування виду робіт	Фактори	
	Шкідливі	Небезпечні
1. Не герметичність коксової печі, завантаження печі,	1. Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони	1. Електробезпека. Гранично допустимі рівні напруг до-тику та струмів.
2. Потік тепла під час відк-ривання дверцят печі	2. Підвищена температура повітря робочої зони.	2. Гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях інструментів, заготовок і обладнання
3. Коксова піч	3. Підвищена температура поверхонь обладнання, ма-теріалів	3. Розташування робочого місця на значній висоті відносно землі (підлоги);
4. Роботи машин і ме-ханізмів (компресорні станції, двигуна тощо)	4. Підвищений рівень шуму, вібрації.	4. Рухомі машини та ме-ханізми, що рухаються.
5. Чищення печей від смоли та графітових відкладень.	5. Токсичні речовини.	
6. Робота проводиться на великогабаритному облад-нанні.		
7. Коксовий газ виділяється в процесі коксування		
8. Обслуговування коксової батареї коксовими машина-ми		

Примітка. Джерело: розроблено із використанням [16]

Для захисту від запиленості та загазованості використовувати респіра-тори, захисні окуляри. Для захисту шкірних покривів працівники, які пра-цюють у цеху, забезпечуються змивними та знешкоджувальними засобами.

Коксовий газ - токсичний. Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 гранично допус-тима концентрація в повітрі робочої зони за найбільш токсичним компонен-том - оксидом вуглецю - 20 мг/м³, 4-й клас безпеки.

Для запобігання загазованості та утворення вибухонебезпечних сумішей необхідно [2]:

- стежити за герметичністю газопроводів, газової арматури, що знаходяться під газом;
- не допускати розрідження в газопроводах і арматурі, що працює під тиском;
- стежити за справністю гідрозатворів, особливо в тунелях та інших закритих приміщеннях;
- у приміщеннях, у яких розташовані газопроводи, газова арматура та апарати, що перебувають під газом, обмін повітря має бути не менше ніж восьмикратний.
- контролювати вміст окису вуглецю (CO) у повітрі робочої зони в бічних тунелях, у приміщенні під верхньою фундаментною плитою і в приміщенні газових засувок автоматичним газоаналізатором.

Підвищена температура повітря робочої зони

Під час чищення коксових дверей, укосів печей температура робочої зони значно збільшується, оскільки ці процедури відбуваються під час взаємодії докільця з відкритою камерою коксування, температура в якій може перевищувати понад 1100 °C [2].

Використання спеціальних засобів індивідуального захисту: рукавички, спецодяг призначений для металургійних підприємств, окуляри, головні убори, взуття ДСН 3.3.6.037-99

Підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів

Коксові машини призначені для роботи в середовищі, де температура впливу на їхні поверхні може перевищувати понад 1000 °C. Унаслідок чищення рами коксової печі від графіту та смоли і прибирання залишку коксу після його видачі. Механізми схильні до підвищення температури їх поверхні, так як це відбувається при відкритій коксовій печі температура в якій з вище 1100 °C [2].

Використовувати щільні рукавички, верхонки (ДСН 3.3.6.037-99). Температура поверхні обладнання не повинна перевищувати понад 318 К. Повітроводи необхідно розташовувати від електропроводки та електрообладнання на відстані не більше 0,5 м.

Підвищений рівень шуму, вібрації

У процесі експлуатації коксових машин і механізмів перевищуються допустимі рівні шуму внаслідок безперервної роботи: маслостанцій, двигунів, компресорних станцій. Під час видачі коксу штанга коксовиштовхувача зазнає опору, внаслідок чого з'являється вібрація [2].

Під час зависання шихти у вугільній башті або в одному з бункерів вуглезвантажувальної машини, машиніст вмикає вібратор з метою обвалення вугілля, що злежалось [2].

Згідно з ДСН 3.3.6.037-99 забороняється короткочасне перебування в зонах з октавними рівнями звукового тиску понад 135 дБ у будь-якій октавній смузі.

За часовими характеристиками вібрація є непостійною, за чистотою - низькочастотною з граничним максимальним рівнем 1 - 4 Гц для загальної вібрації, 8 - 16 Гц для локальних вібрацій.

Для запобігання шуму використовують: беруші, навушники. Для зменшення впливу вібрації працівникам видається спеціальне взуття.

Для захисту від впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів працюючі в цеху забезпечуються спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту згідно з Типовими нормами безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам гірничої та металургійної промисловості й металургійних виробництв інших галузей промисловості, зайнятим на роботах зі шкідливими й небезпечними умовами праці, а також на роботах, які виконуються в особливих температурних умовах або в умовах підвищеної вологості та вологості.

Для захисту шкірних покривів працюючі в цеху забезпечуються змивними та знешкоджувальними засобами.

Використання протигаза, респіратора. Стежити за герметизацією устаткування і справністю устаткування.

Підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якого може статися через тіло людини.

Коксові машини працюють за рахунок електрики. Для живлення коксових машин електрикою, по всьому периметру коксової батареї розташовані тролі і струмоведучі вузли, які дають змогу приводити в дію механізми. У випадку поломок коксових машин, або аварій є ймовірність впливу на робітника цього небезпечного фактора [3].

Відстань між не огороженими не ізольованими струмоведучими частинами, розташованими на висоті менш як 2,2 м з обох боків проходу, повинна бути не менше: 1,5 м при напрузі нижче 660 В; 2,0 м при напрузі 660 В і вище. Відстань від найбільш виступаючих не огорожених не ізольованих струмоведучих частин, розташованих на доступній висоті (менш як 2,2 м) з одного боку проходу, до протилежної стіни або устаткування, яке не має не огорожених не ізольованих струмоведучих частин, повинна бути не менш як: під напругою нижче 660 В - 1 м за довжини щита до 7 м та 1,2 м за довжини щита більш ніж 7 м; під напругою 660 В і вище - 1,5 м [18];

Забороняється торкатися безпосередньо або будь-якими предметами до струмопровідних пристроїв електроустановок [18].

Розташування робочого місця на значній висоті відносно землі (підлоги). У результаті роботи на коксовій батареї, висота якої становить понад 7 метрів, працювати на висоті без засобів індивідуального захисту забороняється.

Ширина поодиноких проходів до робочих місць і на робочих місцях має бути не менше 0,6 м, відстань від підлоги проходу до елементів перекриття (далі - висота у світлі) - не менше 1,8 м.

Робочі майданчики і проходи, необхідні для обслуговування обладнання, що розміщується на висоті, повинні мати огороження не нижче 1 метра.

Щоб уникнути падінь, працівник повинен бути уважним під час підйому сходами, триматися за поручні, дисциплінована поведінка під час перебування на майданчику обслуговування.

Рухомі машини та механізми

Через безперервну роботу коксових машин і механізмів, існує загроза нанесення шкоди здоров'ю робітника.

Усі механізми повинні мати пристрої, що унеможливають помилкове ввімкнення електродвигуна під час ручного керування приводами. Коксові машини мають бути обладнані такою сигналізацією: звуковою, що спрацює під час руху машини, та світловою, напрямок руху машини має висвітлюватися червоним ліхтарем. Механізм пересування коксових машин повинен забезпечувати автоматичне блокування механізмів, увімкнення яких під час пересування коксових машин може призвести до поломки устаткування або аварії [18].

Поворотні огороження, що забороняють вихід у небезпечні місця, мають бути заблоковані з механізмами таким чином, щоб у разі відчинених огорожень унеможлиблювалося ввімкнення відповідних механізмів.

Майданчики всіх коксових машин повинні мати поручневу огорожу із суцільним бортом по низу заввишки 0,14 м. Машини коксових батарей мають бути обладнані гальмівними пристроями, що забезпечують їх надійну фіксацію [18].

Під час роботи коксових машин у режимі дистанційного керування в місцях можливої появи людей повинні вивішуватися знаки: «Машина працює автоматично» [18].

2.8.2 Екологічна безпека

Основними видами виробничих відходів, що утворюються в коксовому відділенні, є: пил кам'яновугільний, пил коксовий, промасленні відходи (ганчір'я, пісок), відходи ремонту коксових печей. Відходи ремонту коксових печей - бій вогнетривкої цегли [19].

Відомості про відходи та загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони наведені у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

Відомості про відходи та загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони

Найменування відходу	Місце (процес) утворення відходів	Клас небезпеки	Склад відходу, %	Місце утилізації (розміщення)
1 Пил кам'яновугільний	Очищення вугільної вежі	IV	Вуглець - 43,5 Сірка - 0,3 Летючі - 41,7 Зольність - 14,5	У процесі очищення надходить у бункер УЗМ і дозується у складі шихти в коксову піч
2. Пил коксовий	Гідроприбирання приміщень і робота вентиляційних систем	IV	Вуглець - 80,3 Сірка - 0,5 Летючі - 1,2 Зольність - 18	Вивезення на відкритий майданчик для шламу, де тимчасово розміщують до реалізації споживачеві або повертається у виробництво (дозується в шихту)
3. Обтиральний матеріал, забруднений маслами (вміст масел менше 15 %)	Проведення ремонтів, прибирання розливів мастил	IV	Бавовна - 73 Вуглеводні - 12 Вода - 15	Вивезення на відвал хімічних відходів
4. Пісок забруднений маслами (вміст масел менше 15 %)	Проведення ремонтів, прибирання розливів мастил	IV	Оксид кремнію - 86 Вуглеводні - 14	Вивезення на відвал хімічних відходів
5. Бій від печей металургійних процесів (відходи ремонту коксових печей, котлів Теплоелектроцентралі)	Ремонт коксових печей	IV	Кирпич - 85 Глина - 2 Песок - 3 Цемент - 10	Вивезення на об'єкт для розміщення відходів

Примітка. Джерело: розроблено із використанням [18]

Забруднення повітря, що створюється викидами підприємства коксового газу, залежить від метеорологічних умов. В окремі періоди, коли метеорологічні умови сприяють накопиченню шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери, концентрації домішок у повітрі можуть різко зростати.

Під регулюванням викидів шкідливих речовин в атмосферу розуміють їх короткочасне скорочення в періоди несприятливих метеорологічних умов, що призводять до формування високого рівня забруднення повітря. Регулювання викидів здійснюється з урахуванням прогнозу НМУ на основі попереджень про можливе небезпечне зростання концентрацій домішок у повітрі з метою його запобігання [18].

Організаційні заходи, що дають змогу зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу:

- контроль безперебійної роботи пиловловлювального обладнання;
- контроль встановленого режиму згоряння опалювального газу, тепло-технічним режимом коксових батарей, гідравлічним режимом газозбірників, відсмоктуванням газу від батарей;
- контроль параметрів пари, що подається для пароінжекції газів завантаження;
- припинити виконання заходів, проведення яких потребує оформлення спеціальних дозволів (зупинка газопиловловлювальних споруд для виконання профілактичних робіт, пропарювання трубопроводів, технологічного обладнання та резервуарів).

Заходи, здійснення яких дає змогу знизити викиди забруднювальних речовин за рахунок тимчасового скорочення продуктивності підприємства:

- збільшення часового інтервалу між операціями завантаження печей шихтою, видачі та гасіння коксу (збільшення періоду коксування);
- скорочення подачі газу на обігрів.

Ці заходи допоможуть значно зменшити викиди в навколишнє середовище [19]. Таким чином, в даному розділі приведена характеристика коксового цеху в умовах підприємства КХВ ПАТ«АрселорМіттал Кривий Ріг».

Проведена інженерна розробка конкретних, найбільш важливих заходів щодо охорони праці.

2.9 Висновки до основної частини

1. В базовій схемі в коксовому цеху КХВ ПАО «АМКР» пропонується заміна чотирнадцяти валкового грохота на грохот з установкою для об'єднаної класифікації й механічної обробки коксу регламентованим тиском (МОТ), та демонтаж зубчастої дробарки і 10-ти валкового грохоту.

МОТ буде одночасно виконувати функцію валкового грохоту та агрегату механічної обробки коксу, з метою зменшення фракції більше 80 мм та поліпшення якості коксу.

2. Механічна обробка коксу регламентованим тиском у порівнянні з іншими способами має наступні переваги:

- технологічні переваги: простота конструкції, стандартне обладнання, легкість обслуговування, можливість регулювання продуктивністю з урахуванням навантаження;

- економічні переваги: економія на зменшенні кількості устаткування; економія витрати електроенергії у порівнянні зі схемою з використанням зубчастої дробарки; збільшення виходу металургійного коксу, за рахунок зменшення утворення коксового дрібняка.

Для споживачів доменного коксу впровадження дослідних рішень дозволить поліпшити наступні показники якості коксу: показник механічної міцності M_{25} збільшується на 1,4 % з 86,1 до 87,5 %; показник стиранності M_{10} зменшується 0,8 % з 8,8 до 8,0 %; зниження кількості класу більше 80 мм на 8,3 % з 25,2 до 16,9 %; за рахунок підвищення якості коксу знизяться витрати його в доменних печах.

Застосування запропонованого агрегату МОТ дає можливість поліпшити рівномірність ситового складу коксу зі збільшенням міцності кусків, що відкриває більші можливості підвищення показників доменної плавки, тобто передбачається отримання економічного ефекту у доменному вироб-

нищті.

Відомо, що при збільшенні M_{25} на 1 % витрати коксу зменшуються на 0,6 %, а продуктивність печі збільшується на 0,6 %; при зменшенні M_{10} на 1 % обумовлює зниження витрат коксу зменшуються на 2,8 %, а продуктивність збільшується на 2,8 % ; при зменшенні фракції + 80 мм на 1 % витрати коксу зменшуються на 0,2 %, а продуктивність печі збільшується на 0,2 % [16].

ВИСНОВКИ

В випускній кваліфікаційній роботі розглянуто можливі варіанти вдосконалення схеми сортування коксу для умов КХВПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Запропоновано як варіант установка об'єднаної класифікації та механічної обробки коксу регламентованим тиском (МОТ).

В аналітичній частині проведено аналіз схем сортування коксу та схем сортування з механічною обробкою коксу з метою зменшення класу +80 мм. Розглянуті схеми оцінювались за наступними параметрами:

- вплив на фізико-механічні властивості коксу (M_{25} , M_{10});
- вплив на гранулометричний склад коксу (зменшення фракції + 80 мм);
- додаткове утворення коксового дрібняку.

Аналіз дозволив визначити:

-типова схема коксортувальні ГИПРОкоксу та схема сортування з бункерами не впливають на вміст у коксі класу більше 80 мм, так як він першим виводиться з процесу сортування;

- схема з одночасним розсівом коксу з додрібненням класу > 80 мм у зубчастій дробарці має такий недолік як збільшення утворення дрібних класів менше 25 мм, що одночасно зменшує вихід металургійного коксу більше 25 мм [10].

Є доцільність впливати та формувати якісні характеристики коксу за рахунок механічних пристроїв: установки в жолобах відбійних плит, впливу на кокс безпосередньо на валковому грохоті регламентованим тиском і монтажу спеціального додріблюючого механізму.

В основній частині за розглянутою технологією пропонується в якості найбільше прийнятної для умов коксохімічного виробництва ПАТ «АМКР»:

- в базовій схемі заміна чотирнадцяти валкового грохота на грохот з установкою для об'єднаної класифікації й механічної обробки коксу регламен-

тованим тиском (МОТ) та демонтаж зубчастої дробарки і 10-ти валкового грохоту.

У відповідності зі схемою коксортувальні проводиться механічна обробка коксу регламентованим тиском 500 кг/см².

Для споживачів доменного коксу впровадження проектних рішень дозволить поліпшити показники коксу:

- показник механічної міцності M_{25} збільшується на 1,4 %;
- показник стираності M_{10} зменшується 0,8 %;
- зниження кількості класу більше 80 мм на 8,3 %.

Крім того запровадження проектних рішень дозволить отримати і економічні переваги:

- економія на зменшенні кількості устаткування (замість 10 та 14-ти валкових грохотів та зубчастої дробарки встановлюємо грохот з МОТ);

- економія витрати електроенергії у порівнянні зі схемою з використанням зубчастої дробарки (потужність 4,8 кВт у порівнянні з зубчастою дробаркою, що має потужність 13 кВт); зменшення витрат електроенергії приблизно на 25 %;

- збільшення виходу металургійного коксу, за рахунок зменшення утворення коксового дрібняка.

Відомо, що при збільшенні M_{25} на 1 % витрати коксу зменшуються на 0,6 %, а продуктивність печі збільшується на 0,6 %; при зменшенні M_{10} на 1 % обумовлює зниження витрат коксу зменшуються на 2,8 %, а продуктивність збільшується на 2,8 % ; при зменшенні фракції + 80 мм на 1 % витрати коксу зменшуються на 0,2 %, а продуктивність печі збільшується на 0,2 % [16].

На підставі проведених досліджень та аналізу, розраховано економічну ефективність запропонованих рішень.

В розділі «Екологічні аспекти роботи коксового цеху КХВ та заходи по захисту навколишнього середовища» проаналізовані шкідливі та небезпечні чинники в умовах коксового цеху, та запропоновано заходи, що до їх усу-

нення, також приділена увага відносно засобів індивідуального захисту та розробці протипожежних заходів в коксовому цеху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карунова Е.В., Гюльмалиев А.М., Гагарин С.Г. Формирование гранулометрического состава кокса. Его взаимосвязь с показателями механической прочности. *Кокс и химия*. 2006. № 2. С. 23-30.
2. Лялюк В.П., Оторвин П.И., Кассим Д.А., Ляхова И.А. Влияние влажности угольной шихты на качество кокса. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2009. № 9. С. 16-20.
3. Мучник Д.А., Бабанин В.И., Загайнов В.С. Возможности улучшения качества кокса вне печной камеры. Е.: Знание, 2011. 233 с.
4. Венц В.А., Черемискина А.Н., Киселева Н.И. Исследование зависимости параметров прочности металлургического кокса от его гранулометрического состава. *Кокс и химия*. 2006. № 11. С. 12-17.
5. Саранчук В.І., Ільяшов М.О., Ошовський В.В. Основи хімії і фізики горючих копалин. Д.:»Східний видавничий дім», 2008. 640 с.
6. Постоянный технологический регламент коксового цеха №1 ТР-228-КХ-02-2007 ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог»
7. Ларин А.С., Деметенко В.В., Войтаник В.Л. Новые технологические схемы и решения в проектах реконструкции объектов рассева кокса. *Кокс и химия*. 2009. № 7. С. 26-30.
8. Пат. № 20040806482. UA. 7 B07C5/04 Коксосортувальня. В.І. Іваненко, В.Ф. Тимошенко, В.С. Карпенко та ін. Опубл. 16.05.2005, бюл. № 5.
9. Лазовский И.М., Беляев Е.В., Варшавский Т.П. Эффективность механической обработки кокса восточных коксохимических предприятий. *Кокс и химия*. 1970. № 11. С. 20-24.
10. Мучник Д.А. Сортировка кокса при одновременной стабилизации и возможности улучшения его физико-механических свойств до заданного значения.

Кокс и химия. 2010. № 1. С. 27-33.

11. Пат. № 20040604893. UA.C10 B 45/00 Пристрій для механічної обробки коксу. І.В. Білошапка, А.А. Дударенко, М.В. Кучма та ін. Опубл. 15.09.2004, бюл. № 9.
12. Мучник Д.А., Мамулашвили А.И., Гармиза Д.И. Механическая обработка регламентируемым давлением. *Кокс и химия*. 1981. № 8. С.18-21.
13. Аксенин Н.П., Крюков А.Н., Величко С.А. Внедрение механической обработки кокса в потоке на коксохимических заводах Украины. *Кокс и химия*. 1985. № 11. С. 21-23.
14. Пат. № 1659446. UA.C10 B 25/16. Устройство для механической обработки кокса. А.А. Журавский, И.В. Квасов та ін. Опубл. 30.06.1991, бюл. № 24
15. Пат. № 692636. (51) В 07 В 1/46. Устройство для грохочения кокса. Д.А. Мучник, А.П. Мороз. Опубл. 25.10.1979, бюл. № 39.
16. Мучник Д.А. Сортировка кокса: Учебник для вузов. М.:Металлургия, 1968. 296 с.
17. Постоянный технологический регламент коксового цеха №1 ТР-228-КХ-«АрселорМиттал Кривой Рог».
18. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С. Основы охраны труда: Учебник для вузов. Л.: Афіша, 2000. 348 с.
19. Третьяков О.В., Зацарний В.В., Безсонний В.Л. Охорона праці: Учебник для вузов. Х.: УЦЗУ, 2009. 436 с.

ДОДАТКИ

Звіт подібності

метадані

Заголовок

Ермоченко Вадим

Автор

Ермоченко Вадим

Науковий керівник / Експерт

ДУЕТ

підрозділ

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про **МОЖЛИВІ** маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний 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		6
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		94

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 / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2



13059

Кількість слів

92029

Кількість символів

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому 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		Копію тексту	
ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	zm_2024_263_004 8/20/2024 O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)	76	0.58 %
2	zm_2024_263_004 8/20/2024 O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)	66	0.51 %

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ДОВІДКА
про підготовку здобувача вищої освіти

Єрмоченка Вадима Валерійовича
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Кафедра Хімічних технологій та інженерії
Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
(шифр, назва)

Назва кваліфікаційної роботи Кваліфікаційна магістерська робота

Тема кваліфікаційної роботи «Нові технологічні схеми і рішення в процесі реконструкції об'єктів розсіву коксу»

Керівник кваліфікаційної роботи: к.х.н., доцент Кормер М.В.
(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	Кормер М.В.	^{45/6} зараховано	15.01.25	Кормер	
2	Основна частина	Кормер М.В.	^{45/6} зараховано	15.01.25	Кормер	
3						
4						

Завідувач кафедри



(підпис)

Шмельцер К.О.

(ініціали, прізвище)

« 15 » 01 2025 р.

Д О В І Д К А
про перевірку тексту роботи програмно-технічними засобами

Текст (вибрати необхідне):

- кваліфікаційної роботи;
 навчальної/наукової праці;
 наукових матеріалів

«Нові технологічні схеми і рішення в процесі реконструкції об'єктів розсіву коксу»
(назва)

автором/авторами або виконавцем якої є:

Єрмоченко Вадим Валерійович
(ПІБ)

кафедра Хімічних технологій та інженерії
(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

обсягом 82 сторінка друкованого тексту перевірено програмно-технічним засобом «StrikePlagiarizm.com».

Рівень оригінальності становить 7,80 % (КП 1)

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 в ЕК
(подальшого розгляду, друку, опублікування)

на засіданні кафедри Хімічних технологій та інженерії
(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

Навчально-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій від «14» січня 2025 р. протокол № 8.

Керівник підрозділу



(підпис)

К. Шмельцер

Дата «14» січня 2025 р.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
 НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
 Кафедра Хімічних технологій та інженерії

**ВІДГУК КЕРІВНИКА НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ
 РОБОТУ**

Здобувача вищої освіти Єрмоченка Вадима Валерійовича
 (прізвище, ім'я та по-батькові)

групи ХТ-23м

Тема кваліфікаційної магістерської роботи: «Нові технологічні схеми і рішення в процесі реконструкції об'єктів розсіву коксу»

Обсяг пояснювальної записки і графічної частини:

пояснювальна записка	83 стор.;
таблиць	21;
схем і рисунків	16;
листів графічної частини(демонстраційного матеріалу)	-.

Якісні відмінності магістерської кваліфікаційної роботи:

Кваліфікаційна робота магістра виконано на актуальну тему.

Кваліфікаційна магістерська робота присвячена підвищенню якості металургійного коксу. Досліджено технологію об'єднаної класифікації й механічної обробки коксу регламентованим тиском (MOT). В роботі запропоновано встановити в існуючу схему сортування коксу 2-х грохотів з установкою регламентованого тиску при цьому демонтуються 14-ти валковий, 10-ти валковий грохота та зубчаста дробарка. Мета пристрою регламентованого тиску полягає в збільшенні міцності маси коксу шляхом повного руйнування маломіцних крупних кусків. В роботі визначено, що установка MOT буде одночасно виконувати функцію валкового грохоту та агрегату по поліпшенню якості коксу (механічна обробка коксу регламентованим тиском 500 кг/см² за рахунок інтенсивної обробки коксу сприяє покращенню механічної міцності за показниками M₂₅ та M₁₀.

Недоліки кваліфікаційної магістерської роботи

До недоліків дипломної роботи слід віднести недостатньо повно розкрито питання економічної доцільності даної технології. Присутні стилістичні помилки у технічній термінології.

Характеристика загальної, спеціальної і виробничої підготовки автора кваліфікаційної роботи магістра, ступінь самостійності виконання,
Під час роботи над кваліфікаційною роботою здобувачем зроблений глибокий аналіз існуючих літературних джерел, зроблені необхідні висновки, проаналізовано вплив різних факторів на процес алкілування.
Здобувач Єрмоченко В.В. продемонстрував хороші аналітичні здібності, вміння аналізувати і систематизувати зібрану інформацію, а також робити самостійні висновки, пропозиції та узагальнення.
Графік виконання роботи дотримувався неухильно

Можливість використання кваліфікаційної магістерської роботи

Робота відповідає вимогам, що висувуються до кваліфікаційних робіт на другому (магістерському) освітньо-кваліфікаційному рівні може бути допущена до захисту на засіданні ЕК.

Оцінка кваліфікаційної магістерської роботи _____

Керівник Кормер Марина Віталіївна

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Доцент, к.хім.н., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

« 15 » 01 2025 р.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
 НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
 Кафедра Хімічних технологій та інженерії

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну магістерську роботу

Здобувача вищої освіти Єрмоченка Вадима Валерійовича

(прізвище, ім'я та по-батькові)

групи ХТ-23м
Тема кваліфікаційної магістерської роботи Нові технологічні схеми і рішення в процесі реконструкції об'єктів розсіву коксу
Тема спеціальної частини кваліфікаційної магістерської роботи Реконструйована схема сортування коксу з механічною обробкою коксу регламентованим тиском
Переваги кваліфікаційної магістерської роботи <i>Кваліфікаційна магістерська робота присвячена підвищенню якості металургійного коксу, шляхом механічної обробки регламентованим тиском. Робота виконана на високому технічному рівні. Студентом при проведенні дослідження отримані, які підтверджують збільшення міцності коксу після механічної обробки регламентованим тиском 500кн/см². Результати роботи свідчать, що автор має рівень підготовки, достатній для самостійної роботи.</i>
Недоліки кваліфікаційної магістерської роботи <u>До недоліків дипломної роботи слід віднести недостатньо повно розкрито питання економічної доцільності даної технології. Присутні стилістичні помилки у технічній термінології.</u>
Рекомендації:
Рецензент <u>Геска Наталія Анатоліївна</u> (прізвище, ім'я та по-батькові)

К. М. К. доцент
 (посада, науковий ступінь, вчене звання)

Геска
 (підпис)

**Декларація
про дотримання академічної доброчесності
під час написання курсової/кваліфікаційної роботи
здобувачем вищої освіти
Державного університету економіки і технологій**

Я, Ермоченко Вадим Валерійович, здобувач II курсу, групи ХТ-23м Державного університету економіки і технологій розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував заборонену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текст в інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

14.01.2025



В. ЕРМОЧЕНКО