

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Гірничо-металургійний факультет  
Кафедра металургії та інноваційних технологій

*«Допущено до захисту»*  
Гарант освітньої програми  
«Металургія чорних металів»

Христина МАЛІЙ

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
за підсумками виконання освітньо-професійної програми  
«Металургія чорних металів»  
за спеціальністю 136 Металургія

**на тему «Аналіз впливу технологічних параметрів  
агломераційного виробництва на техніко-економічні показники»**

Керівник роботи

Максим ЯГОЛЬНИК

Консультант від  
бази практики

Артем РЕШЕТНЯК

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають  
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Тетяна БАСЮК

<i>Підсумкова оцінка за атестацію</i>			
---------------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Євген БРАГІНЕЦЬ

Запоріжжя, 2026

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	гірничо-металургійний
Кафедра	металургії та інноваційних технологій
Ступінь вищої освіти	бакалавр
Спеціальність	136 Металургія
ОПП	Металургія чорних металів

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми

Христина МАЛІЙ  
«10» квітня 2026 р.

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

**Басюк Тетяні Валеріївни**

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

- Тема роботи Аналіз впливу технологічних параметрів агломераційного виробництва на техніко-економічні показники  
керівник роботи Ягольник Максим Вікторович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом Університету від № 41/23.02.2026 від 23.02.2026
- Термін подання роботи 20.06.2026
- Вихідні дані до роботи Навчальна, методична література з спеціальних дисциплін, науково-дослідницькі роботи з тематики агломераційного виробництва, науково-технічні літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. Розділ 1. Аналітична оцінка впливу технологічних параметрів на агломераційний процес. Розділ 2. Основна частина. Статистичний аналіз даних роботи агломераційних машин. Визначення взаємозв'язків впливу технологічних параметрів на основні технологічні показники процесу агломерації. Розробка пропозицій щодо покращення технології агломерації. Розділ 3. Охорона праці і екологія. Розділ 4. Розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.
- Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 6 демонстраційних слайдів основної частини, 1 демонстраційний слайд економічна частина.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Ягольник М.В. доцент кафедри металургії та інноваційних технологій
2	Ягольник М.В. доцент кафедри металургії та інноваційних технологій
3	Ягольник М.В. доцент кафедри металургії та інноваційних технологій
4	Ягольник М.В. доцент кафедри металургії та інноваційних технологій

7. Дата видачі завдання 10.04.2026

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Технологічна частина	11.05 – 13.06.2026
2	Спеціальна частина	11.05 – 13.06.2026
3	Охорона праці та екологія	06 – 13.06.2026
4	Економічно-організаційна частина	06 – 13.06.2026
5	Оформлення пояснювальної записки	13 – 20.06.2026
6	Захист	за графіком

Здобувач

Тетяна БАСЮК

Керівник роботи

Максим ЯГОЛЬНИК

## АНОТАЦІЯ

*Басюк Т.В.* Аналіз впливу технологічних параметрів агломераційного виробництва на техніко-економічні показники. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 136 Металургія, ОПП «Металургія чорних металів» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2026.

**Об'єктом дослідження** є технологічний процес виробництва залізорудного агломерату в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

**Предметом дослідження** є технологічні параметри спікання залізорудного агломерату (температурні режими, склад шихти, витрата палива, швидкість руху палет, вологість матеріалу) та їх вплив на продуктивність машини та якість готової продукції.

У першому розділі проаналізовано сучасні методи виробництва залізорудного агломерату, розглянуто основні етапи виробництва в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

У другому розділі проведено аналіз шихтових матеріалів, які використовуються для виробництва залізорудного агломерату в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», Проведено аналіз впливу вологості шихти, витрати палива та основності на продуктивність агломашини та якість агломерату. Визначено раціональні рівні цих параметрів. Запропоновано покращити технологію за рахунок заміни частини технологічно палива запалювального горну на біоматеріали.

У третьому розділі розглянуто питання охорони праці та екології: аналіз небезпечних факторів, заходи щодо запобігання аварійним ситуаціям.

У четвертому розділі виконано розрахунок собівартості агломерату. Визначено економічну ефективність запропонованих заходів ,таких заміна частини природного газу лушпинням соняшника.

Робота складається з: 61 сторінки, 8 ілюстрацій, 9 таблиць, 20 використаних джерел.

**ЗАЛІЗОРУДНИЙ АГЛОМЕРАТ, АГЛОМЕРАЦІЙНА МАШИНА, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ, СПІКАННЯ, ПАЛИВО, ВОЛОГІСТЬ ШИХТИ, ЯКІСТЬ АГЛОМЕРАТУ, ПРОДУКТИВНІСТЬ**

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 Аналіз технологічної схеми виробництва агломерату в умовах Прат «КАмет-сталь» .....	9
1.1 Пристрій та обладнання рудного двору .....	9
1.2 Вимоги до сировини та палива .....	11
1.3 Вимоги до формування штабеля .....	12
1.4 Вивантаження та укладання матеріалів у штабель .....	12
1.5 Усереднення залізорудної суміші .....	13
1.6 Розвантаження та складування флюсів і палива .....	14
1.7 Агломераційний процес .....	14
1.7.1 Залізорудна суміш .....	15
1.7.2 Флюс .....	15
1.7.3 Паливо .....	16
1.7.4 Повернення .....	17
1.7.5 Дозування компонентів агломераційної шихти .....	18
1.7.6 Змішування, зволоження та огрудкування шихти .....	19
1.7.7 Завантаження шихти на спікальні візки агломашини .....	20
1.7.8 Зовнішнє нагрівання агломераційної шихти .....	21
1.7.9 Процес спікання .....	24
1.7.10 Дроблення та гуркіт агломерату .....	25
1.7.11 Виробництво вапна .....	27
1.8 Постановка задачі роботи .....	27
2 АНАЛІЗ впливу параметрів агломераційного виробництва на техніко-економічні показники .....	28
2.1 Аналіз шихтових матеріалів .....	28

2.2 Аналіз впливу вологості шихти, витрати твердого палива та основності на продуктивність агломераційного процесу та якість продукту.....	34
2.3 Аналіз можливості часткової заміни природного газу біоматеріалами при запалюванні шихти.....	39
3 ОХОРОНА ПРАЦІ І ЕКОЛОГІЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЗАЛІЗОРУДНОГО агломерату.....	42
3.1 Заходи з охорони праці та запобігання аваріям.....	42
3.2 Охорона навколишнього середовища в агломераційному виробництві .....	52
4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ.....	54
ВИСНОВКИ .....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	59

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Станом на 2026 рік чорна металургія України, попри значні втрати виробничих потужностей і інфраструктури внаслідок повномасштабної російсько-української війни, залишається однією з ключових галузей промисловості та важливим джерелом валютних надходжень. З огляду на збереження експортоорієнтованості галузі (де значна частка металопродукції традиційно постачалася на зовнішні ринки), особливого значення набувають питання якості продукції та конкурентоспроможності, які безпосередньо залежать від характеристик сировини та ефективності виробничих процесів. В умовах логістичних обмежень, енергетичних ризиків і посиленої глобальної конкуренції саме показники якості та собівартості визначають можливість збереження позицій українських виробників на світовому ринку.

Аналіз сучасного стану аглодоменного виробництва свідчить, що в нинішніх умовах особливо актуальним є вдосконалення процесів агломерації із застосуванням енергоощадних технологій і ресурсів. Це обумовлено як необхідністю зниження виробничих витрат, так і дефіцитом енергоресурсів, спричиненим військовими діями та пошкодженням енергетичної інфраструктури.

Водночас агломераційне виробництво і пов'язані з ним процеси виплавки чавуну та сталі залишаються одними з найбільших джерел техногенного навантаження на довкілля. Станом на 2026 рік виникла потреба в модернізації діючих підприємств із орієнтацією на європейські екологічні стандарти у рамках повоєнного відновлення.

Сучасні умови функціонування агломераційного виробництва характеризуються зростанням частки дрібнодисперсної сировини. Зокрема, у шихті все ширше використовуються тонкоподрібнені

залізорудні концентрати, а також різні техногенні відходи — пил газоочищення, продукти переробки сталеплавильних шлаків тощо. Такий підхід дозволяє зменшити втрати сировини та підвищити ресурсоефективність, що є критично важливим в умовах обмеженого доступу до якісних сировинних ресурсів.

На підприємствах, які продовжують роботу, зокрема на ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» та інших виробничих майданчиках центральної України, основну частину агломераційної шихти формують саме дрібнодисперсні компоненти: залізорудні концентрати, колошниковий пил, металургійні шлаки та інші відходи. Однак висока частка таких матеріалів негативно впливає як на якість агломерату, так і на продуктивність процесу.

Існуючі технології агломерації та технічний стан обладнання, значною мірою зношеного й частково пошкодженого внаслідок бойових дій, не повною мірою відповідають сучасним вимогам щодо обсягів виробництва та якості продукції. Це призводить до підвищеної витрати коксу, зниження ефективності доменного процесу та, як наслідок, скорочення обсягів виплавки чавуну.

У зв'язку з цим у сучасних умовах особливо гострою є проблема розроблення та впровадження нових технологічних рішень для вдосконалення процесів агломерації. Пріоритетними напрямками є підвищення енергоефективності, оптимізація складу шихти, зниження екологічного навантаження та адаптація виробництва до умов післявоєнного відновлення економіки України.

**Метою кваліфікаційної роботи** визначення впливу технологічних параметрів на показники агломераційного процесу та встановлення раціональних технологічних параметрів, що забезпечують підвищення якості продукції та зниження витрат палива.

**Завдання кваліфікаційної роботи:**

- виконати аналітичний огляд сучасних методів виробництва та спікання залізорудного агломерату;
- аналіз хімічного складу матеріалів та шихти які застосовуються при виробництві агломерату;
- проаналізувати виробничі показники спікання агломерату, температурні рівні на різних горизонтах шару;
- проаналізувати показники роботи агломераційних машин при використанні різних видів палива та шихти різного складу;
- дослідити вплив технологічних параметрів спікання на формування якісних характеристик агломерату;
- виконати оцінку економічної ефективності запропонованих заходів та розглянути питання охорони праці та екології.

**Об'єкт дослідження.** Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва залізорудного агломерату в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

**Предмет дослідження.** Предметом дослідження є технологічні параметри спікання залізорудного агломерату (температурні режими, склад шихти, витрата палива, швидкість руху палет, вологість матеріалу) та їх вплив на продуктивність машини та якість готової продукції.

**Методи дослідження.** У роботі використано аналітичний метод (огляд літературних та нормативно-технічних джерел), порівняльний аналіз виробничих даних, розрахунки продуктивності та узагальнення результатів випробувань.

**Практичне значення отриманих результатів.** Запропоновані рекомендації щодо оптимізації температурних режимів запалювання та заміни природного газу біоматеріалом дозволяють знизити собівартість агломерату, дещо підвищити якість теплової обробки верхньої частини шару та знизити вуглецевий слід металургійної продукції.

## **1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА АКЛОМЕРАТУ В УМОВАХ ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»**

За минулі понад сто років ПРАТ «КАМЕТСТАЛЬ» зробив значний внесок у розвиток техніки та технології вітчизняної чорної металургії.

В даний час ПРАТ «КАМЕТСТАЛЬ» – сучасне велике металургійне підприємство України, де здійснюється виробництво передільного та ливарного чавуну, сталевих злитків вагою 7–10 тонн, металопродукції сортової та фасонної, рейок типу Р–38, Р–43, Р–50, рудничних рейок Р–8 та Р–11, рейок контакт Ларсен-V, Ларсен-VII, балки 27С і №10, стали арматурною №36 і №40, стали кутовий рівнополочної і нерівнополочної з шириною полиці від 45 мм до 100 мм, осьової заготовки для залізничного транспорту, куль сталевих товщиною діаметром 40мм, смуги универсаль 300-1000 мм, лемешної сталі, смужобульба, трубної заготовки та кіл діаметром 120-270 мм, квадратної заготовки зі стороною від 80 до 250мм, підкату петлі та спеціальних профілів для автомобілів.

Організовано випуск низки товарів народного споживання. Виробнича потужність загалом комбінату становить 5.1 млн. т агломерату, 5.3 млн. т чавуну, 5.7 млн. т сталі, 4.0 млн. т прокату. В даний час фактичний обсяг виробництва залежить від рівня договірної постачання сировинних, матеріальних та енергетичних ресурсів на технологію.

### **1.1 Пристрій та обладнання рудного двору**

Наземна частина посереднього механізованого складу - рудний двір складається з майданчика та траншеї вагоноперекидача. Майданчик рудного двору включає підземну частину-галерею із щілинними бункерами та обладнанням. Корисна довжина наземної частини рудного двору

становить 456 м, ширина між осями вертикальних опор моста рудно-грейферного перевантажувача (РГП) - 76,2 м, гранична ширина сформованого штабеля повинна становити – 55 м, яке висота- трохи більше 15 метрів. Довжина наземної частини рудного двору, траншеї вагоноперекидача та консольної колії розмічена по осередках. Довжина кожного осередку становить – 12 м, а її два щілинні бункери по 6м кожен. Об'єм одного осередку траншеї вагоноперекидача становить 450 м<sup>3</sup>, що дозволяє зробити розвантаження матеріалу до 15 вагонів (близько 1000 т).

Компоненти залізорудної суміші - концентрати, аглоруди, шлами, колошниковий пил, окалина, вапно, конвертерний шлак, шлюб агломерату (повернення), відсів вапняку та інші необхідні складові розвантажуються за допомогою вагоноперекидача або з консольної колії бункерної естакади доменного цеху [1].

Складування та усереднення компонентів залізорудної суміші здійснюється у двох послідовно розташованих штабелях, у західній частині рудного двору.

Вапняк звичайний, доломітизований, агломераційне паливо (коксова дрібниця, антрацитовий штиб і низькосортне тверде паливо) складуються в кожен окремий штабель зі східної частини рудного двору.

Кускова руда для доменного цеху, вапно для агломераційного виробництва вивантажуються за допомогою вагоноперекидача і складуються окремо в приймальній траншеї вагоноперекидача, проти штабелів флюсів, що формуються.

Штабель залізорудної суміші послідовно складається з 9 по 14 і з 16 по 21 осередок. При формуванні залізорудного штабеля допускається зміна кількості осередків.

Устаткування рудного двору, підземної галереї:

1. Рудно – грейферний перевантажувач ( РГП) 4 шт.

2. Баштовий пересувний вагоперекидач з штовхачем 2 шт.
3. Ковшові екскаватори ЕКГ-4.6Б, 5А 5 шт.
4. Центральні щілинні бункери 72 шт.
5. Лопатеві пересувні живильники 10 шт.
6. Стрічкові конвеєри: ПУ1-2Р, ПУ1-3Р, ПУ1-1КІ, ПУ1-4КІ, ПУ1-5КІ.

Зі сформованого штабеля залізорудна суміш, за допомогою ковшових екскаваторів, завантажується в щілинний бункер, потрапляючи при цьому на лопатеві живильники, що працюють. З живильників суміш зсипається на стрічки конвеєрів і транспортується до шихтового відділення агломераційного цеху N2.

Забір флюсів та твердого палива зі штабелю рудного двору здійснюється за допомогою щілинних бункерів, лопатевих живильників та конвеєрів підземної галереї.

## **1.2 Вимоги до сировини та палива**

### ***Руди та концентрати***

Крупність руд, концентратів сухої магнітної сепарації та інших складових компонентів залізорудної суміші (крім вапна ) не повинна перевищувати 10 мм, відповідно вапна – 25 мм. Рекомендована верхня межа компонентів залізорудної суміші – 6 мм. Волога в концентраті мокрого магнітного збагачення повинна становити трохи більше 10 %.

### ***Відходи металургійного виробництва***

Усі відходи металургійного виробництва, що використовуються в агломераційному переділі, повинні бути підготовлені за місцем їх утворення.

Вологість колошникового пилу, окалини має бути не більше 7 %.

Вологість шламу з відстійника (ставка-освітлювача), ділянки залізо-вапняних концентратів (ЖВК), корпусу зневоднення шламу (КОШ-2), "складання" з миття не повинна перевищувати 14 %.

### **1.3 Вимоги до формування штабеля**

На підставі річного графіка постачання сировини на комбінат спеціалістами НУО розробляється співвідношення компонентів залізородної суміші [2].

Вивантаження матеріалу в траншею вагоноперекидача, з консольної колії повинна здійснюватися відповідно до затвердженого нормативного співвідношення між компонентами залізородної суміші, з рівномірним розподілом хімічного складу по осередках та штабелі. Оперативний облік відсоткового співвідношення компонентів по осередках та залізородному штабелі здійснюється фахівцями ЦПШ за допомогою програми ЕОМ.

### **1.4 Вивантаження та укладання матеріалів у штабель**

На підставі затвердженого місячного графіка надходження сировини на комбінат та нормативного співвідношення компонентів при їх розвантаженні встановлюється порядок формування залізородного штабелю на початку зміни [3].

Забір матеріалу з траншеї або консольної колії здійснюється за допомогою РГП. Укладання матеріалу в штабель проводиться методом розсипання тонкими шарами, в русі з грейфером, що повільно розкривається, по поверхні формується комірки штабеля.

## 1.5 Усереднення залізорудної суміші

Забір залізорудної суміші з укосу штабеля та завантаження її в щілинний бункер здійснюється за допомогою трьох екскаваторів, що працюють у своєму секторі, у такому порядку:

екскаватор з відкритим днищем здійснює спочатку паркан "підрізування" матеріалу видимого укосу штабеля, отриманий при цьому осип забирається з різних точок укосу і завантажується в щілинний бункер;

екскаватор, що працює від консольного шляху, робить з відкритим днищем забір "підрізання" матеріалу по висоті штабеля, отриманий при цьому осип забирається з різних точок укосу і подається в зону працюючого поряд екскаватора.

Робота екскаваторів на комірці повинна здійснюватись по прямій лінії (визначається візуально) нижній частині видимого укосу штабеля. Екскаваторникам, забороняється проводити забір залізорудної суміші зі штабеля, за допомогою екскаваторів, за відсутності природного укосу комірки, що забирається (методом "підкопу") з утворенням козирка над зоною черпання екскаватора.

Забір матеріалу від консольного шляху бункерної естакади за допомогою екскаватора на відстані чотирьох метрів забороняється. Суміш, що залишилася на укосі бункерної естакади, на початку формування нового штабеля, забирається за допомогою РГП і укладається по фронту штабеля. Екскаваторник зобов'язаний рівномірно вивантажувати залізорудну суміш із ковша екскаватора в щілинний бункер, не ущільнюючи суміш і не знижуючи її рівень засипу [4]. Забір залізорудної суміші із щілинного бункера здійснюється працівниками агломераційного цеху N2 за допомогою лопатевого живильника та шурувальних пристроїв.

## **1.6 Розвантаження та складування флюсів і палива**

Розвантаження звичайного, доломітизованого вапняків та їх відсівів, антрацитового штибу, коксової дрібниці, низькосортного твердого палива, котунів проводиться з консольного шляху бункерної естакади доменного цеху. Після розвантаження з консольного шляху, кожен вид матеріалу за допомогою РГП, вноситься на окремий вид штабелю, що формується [5].

Заснування штабелів флюсів, твердого палива за їх шириною, повинно мати пряму межу розділу не менше одного метра.

Змішування матеріалів між собою на межі розділу штабелів не допускається.

Кускова руда для доменного цеху вивантажується на вагоноперекидачу і зберігається в приймальній траншеї.

## **1.7 Агломераційний процес**

Завданням агломераційного процесу є виробництво високоякісної сировини для доменного виробництва із суміші залізорудних концентратів, аглоруд, шламів, колошникового пилу, окалини та інших залізовмісних матеріалів шляхом спікання їх з флюсами (вапняк звичайний і доломітизований , вапно) при використанні твердого палива вугілля та ін.) [6].

Агломераційний процес дає найкращі техніко-економічні показники та високу якість агломерату лише тоді, коли його технологічні параметри оптимальні, суворо дотримується сталість фізичних властивостей та його хімічний склад.

### 1.7.1 Залізорудна суміш

Усереднена на рудному дворі залізорудна суміш ковшевіми екскаваторами подається в щілинний бункер, і з допомогою лопатевого живильника видається на конвеєра двох трактів.

З конвеєрів шихтового відділення суміш проходить гуркіт відповідно на віброгуркотах N1 і N 2, які обладнані поздовжніми прутами, відстань між якими має бути 50 мм.

Надгратковий продукт віброгуркоту N1 і N 2, фракція більше 50 мм, надходить відповідно на тракт конвеєрів з подальшим завантаженням в молоткову дробарку на додроблення .

### 1.7.2 Флюс

Зі штабелю на рудному дворі, по черзі, вапняк звичайний або доломітизований за допомогою лопатевого живильника забирається через щілинний бункер, подається на конвеєрний тракт підземної галереї шихтового відділення і завантажується в бункер молоткової дробарки [7].

Дроблення вапняків здійснюється у вапняно-дробильному відділенні (ІДО) шихтопідготовчого корпусу, по черзі, на молотковій дробарці типу ДМРІЕ-14.5х13-1000, продуктивністю 120-150 т/год (по виходу фракції менше 3 мм).

Змішування вапняків при розвантаженні, транспортуванні та дробленні неприпустимо.

Продукти дроблення вапняку (звичайного або доломітизованого), по черзі, транспортуються трактом конвеєрів у відділення гуркотіння, де самоскидним візком завантажуються в 8 бункерів (ємністю по 64 м<sup>3</sup>), звідки за допомогою стрічкових живильників подаються на віброгрохоти (1500 х

3000 мм). Гуркіт обладнаний двома деками, на верхньому вхідному встановлена сітка з осередками 12 x 12 мм, на нижньому вихідному 3 x 3 мм. Продукт гуркотіння вапняку фракція менш 3 мм транспортується конвеєрами до бункера шихтового відділення.

Для роботи випалювальних машин виділяється фракція 3- 12 мм з звичайного вапняку і відправляється в 2 бункери ( 55 м<sup>3</sup>) шихтового відділення. У разі надлишку фракції 3- 12 мм, остання разом з фракцією більше 12 мм, трактом конвеєрів подається в молоткову дробарку для додроблення .

Верхня межа крупності флюсу (вапняк звичайний, доломітизований , черепашник і т.д. ), що забезпечує отримання якісного агломерату, повинен становити менше 3 мм. Масова частка фракції флюсу більше 3мм у бункерах шихтового відділення не повинна перевищувати 3%.

### **1.7.3 Паливо**

Як тверде паливо для агломераційного виробництва використовується коксова дрібниця, антрацитовий штиб. Теплотехнічні характеристики яких близькі, а реакційна здатність можна порівняти з реакційною здатністю металургійного коксу [8].

Зі штабеля рудного двору за допомогою щілинного бункера і лопатевого живильника тверде паливо по конвеєрах надходить на гуркіт для поділу його по фракціях (+25 і -25 мм). Фракція менше 25 мм з гуркоту зсипається на конвеєр, а фракція більше 25 мм надходить на одновалкову дробарку для попереднього дроблення. Після попереднього дроблення паливо надходить до бункера ( 100 м<sup>3</sup>) коксодробилок.

Дроблення твердого палива до фракції менше 3 мм для виробництва агломерату здійснюється на коксодробилках типу Д4Г 900 x 700, і далі трактом конвеєрів подається в бункера шихтового відділення.

Масова частка фракції більша 3 мм у твердому паливі, не повинна перевищувати 7,0 %. Кількість фракції менша 0.5 мм має бути не більше 5 %.

Дроблення твердого палива для випалювальних машин здійснюється на спеціально виділеній коксодробарні, а встановлений при цьому зазор між валками повинен пропускати фракційний склад менше 6мм.

Кількість фракції менше 3 мм має бути мінімальною. З цією метою проводиться проточка нижніх і наплавлення верхніх валків коксодробилок, що працюють за затвердженим графіком.

#### **1.7.4 Повернення**

Поверненням або оборотним продуктом називається відсів агломерату і шихта фракції, що не спеклася, менш 10 мм. Утворення його відбувається при гуркотінні готового агломерату на стаціонарних гуркотах, очищенні колектора, течок осипу головної частини агломашини та осипних бункерів пластинчастих конвеєрів. При дозуванні повернення у шихтовому відділенні необхідно підтримувати постійний рівень у бункерах, який повинен становити близько  $\frac{2}{3}$  їх обсягу, що дозволяє витримувати за даний режим та забезпечити витрату повернення у шихті відповідно до кількості його утворення [9].

Кількість дозованого повернення в аглошихту визначається властивостями шихти, і в кожному конкретному випадку має свою оптимальну величину. Задана кількість повернення в шихті має витримуватись суворо постійним і складати 20-30 % від загальної маси шихти.

Зміна повернення за кількістю та якістю (масова частка, крупність, вміст вуглецю, температура, вологість тощо ) повинні бути мінімальними. Вміст вуглецю у поверненні має бути трохи більше 0.8 %. Високий вміст вуглецю вказує на порушення технології спікання агломераційної шихти або незадовільну якість її підготовки.

### **1.7.5 Дозування компонентів агломераційної шихти**

Основне призначення дозування – забезпечити отримання агломерату заданої якості з постійними фізико-хімічними властивостями.

Усі бункери, обладнані тарілчастими живильниками ДТ-200 зі змінним числом оборотів, мають корисний обсяг 80- 100 м<sup>3</sup>. Видача компонента з бункера здійснюється шляхом регулювання числа обертів приводу тарілчастого живильника. За конвеєрами Ш-48Ш та Ш-49Ш здійснюється дозування повернення, залізорудної суміші, твердого палива.

Відповідно по Ш-50Ш і Ш-51Ш дозується повернення, залізорудна суміш, вапняк звичайний та доломітизований .

Склад шихти (аглоруди , концентрати, металодобавка, флюс, тверде паливо та ін.) встановлюється нормативними документами відповідно до графіка постачання сировини на комбінат. Витрата компонентів шихти здійснюється відповідно до розрахунку. Повний розрахунок шихти визначає співвідношення залізорудних компонентів із заданим вмістом заліза та необхідною витратою комбінованого флюсу. Дозувальник ділянки шихтових бункерів, протягом зміни, користується спрощеним розрахунком, який дозволяє перевірити правильність обраної витрати залізорудних матеріалів на заданий вміст заліза і основність агломерату [10].

Дозування компонентів шихти здійснюється методом видачі всіх компонентів на збірні конвеєри Ш-48Ш, Ш-49Ш, Ш-50Ш і Ш-51Ш у кілограмах на погонний метр у пропорціях встановлених розрахунком.

Перевірочні розрахунки агломераційної шихти змінює старший майстер виробництва зміни. Коригування витрати компонентів аглошихти заносяться до журналу шихтового відділення та диспетчера цеху. Точність зважування компонентів шихти перевіряється за даними приладів автоматичного вагового дозування та контрольних переваг. Відбір проб залізорудної суміші, повернення, флюсу та твердого палива, проводиться зі стрічки конвеєра ручним способом.

Сформована шихта, включаючи вапно з випалювальних машин, конвеєром А-1Ш або А-2Ш подається в корпус агломерації і завантажується в бункера агломашин. Кожна агломашина має по два бункери корисним об'ємом- 55 м<sup>3</sup>. Для збору просипу в головній частині конвеєра А-1Ш, А-2Ш обладнані додатковими бункерами з живильниками. Продуктивність конвеєра А-1Ш та А-2Ш становить - 1200 т/год.

### **1.7.6 Змішування, зволоження та огрудкування шихти**

Етап підготовки шихти здійснюється на одній стадії - у двох барабанах- огрудкувачах (СБФ 3 2.8 x 8 м) . Швидкість обертання барабана огрудкувача повинна бути в межах 6-9 об/хв, що відповідає режиму огрудкування шихти в режимі перекату. Оптимальна вологість шихти визначається фізичними та мінералогічними властивостями її компонентів і має становити 7.5 – 8.5 %. Коливання вологості шихти при роботі системи автоматичного зволоження від її оптимального значення не повинно перевищувати +0.5%.

Вода в огрудкувач подається тонким розпорошенням евольвентної форсункою, на відстані  $1/3$  м від його завантажувальної частини. Кількість її повинна бути такою, щоб шихта рівномірно зволожувалася, і не утворювалися, при цьому гранули шихти більше 10 мм. Контроль за процесом зволоження агломераційної шихти здійснює машиніст огрудкувача, а зміна режиму зволоження здійснює агломератник з пульта управління [11].

### **1.7.7 Завантаження шихти на спікальні візки агломашини**

Важливою умовою, що забезпечує нормальний хід процесу спікання, є формування шару підготовленої шихти при завантаженні на спікальні візки з мінімальним ущільненням по висоті і рівномірною газопроникністю по ширині візка. Поверхня шихти, по ширині спального візка, повинна загладжуватися прасувальною машиною.

Колосникові ґрати спікальних візків повинні:

- перебувати у технічно справному стані;
- мати робочий газодинамічний опір ( 16 - 40 мм. вод. ст);
- мати стабільний "живий" переріз ( 8-12 %);
- забезпечувати мінімальний просип шихти через колосниковий простір, виключати провали шихти між спальними візками та в їх приладовій зоні;
- бути обладнана колосниками однакової конструкції;
- мати високу термічну стійкість, що гарантує нормальну роботу ґрат у міжремонтний період;
- забезпечувати ефективний тепловий захист підколосникових балок, виключаючи їх прогин.

Для рівномірного завантаження агломашини аглошихтою в проміжному бункері необхідно підтримувати постійний рівень, що дорівнює не менше  $\frac{1}{3}$  його ємності.

Висота шару завантажуваної шихти на агломашині повинна встановлюватися згідно з технологічною картою (режимною карткою), за складом шихти.

При збільшенні висоти шару на 10мм продуктивність агломашини знижується на 1.7-1.9 % відповідно вихід фракції агломерату менше 5 мм на 0.2 -0.4%, а питома витрата твердого палива зменшується на 0.3-0.4 кг/т.

Кут нахилу завантажувального лотка повинен бути на 5-10 більше кута природного укосу шихти. Для шихтових умов аглоцеху комбінату він становить 50-60 .

Висота шару аглошихти , за допомогою спеціальної лінійки, повинна періодично контролюватись агломератником та майстром виробництва зміни.

### **1.7.8 Зовнішнє нагрівання агломераційної шихти**

До режиму зовнішнього нагріву шихти висуваються такі вимоги:

- мінімальне зниження газопроникності шару шихти під гірником (мінімальне усадження шару);
- швидке займання та інтенсивне горіння частинок твердого палива у верхньому шарі шихти під гірником;
- одержання спеку у верхній частині шару, близького за міцністю до спеку середньої частини шару;
- максимальне зниження питомої витрати умовного палива.

Запальний горн встановлений у головній частині агломераційної машини і має такі технічні характеристики:

Таблиця 1.1 - Показники запалювального горну

№ п/п	Найменування	Одиниця виміру	Величина
1	Довжина запального горна	м	6,750
2	Довжина активної частини горна	м	2,650
3	Ширина горна	м	3,650
4	Ширина шару, що спікається	м	2,500
5	Висота футерування над шихтою, у т.ч. над активною зоною	м	0,480
		м	0,960
6	Тривалість запалювання	с	70
7	Довжина зони горіння смолоскипів	с	1,800
8	Температура запалення шихти	°С	1100-1250
9	Витрата природного газу на горн	м <sup>3</sup> /год	400-550
10	Витрата повітря на горн	м <sup>3</sup> /год	5200-6500
11	Загальна витрата вогнетривкої цегли	кг	20000

Запальний горн обладнаний трьома вентиляторами типу ВВД-11, два з яких знаходяться в резерві. Загальна тривалість запалювання та попереднього нагріву шихти має бути 12 -15 % від загального часу процесу спікання, відповідно до додаткового нагріву 10%. Середня по довжині горна щільність теплового потоку (кількість тепла в одиницю часу, віднесена до 1м<sup>2</sup> поверхні шару) повинна підтримуватися в межах

28-45 МДж /м<sup>2</sup> хв, а коефіцієнт витрати повітря  $J = 1.8-2.1$ . У сфері максимальних температур  $J=1.3-1.5$ .

Необхідною умовою ефективного зовнішнього нагріву шихти є підтримка тиску в горні, рівного атмосферному, без вибивання продуктів згоряння з горна та без підсмоктування в нього холодного повітря. Тиск у горні підтримується шляхом дроселювання перших трьох вакуум-камер, розрідження в яких має дорівнювати 0.6-0.7 від розрідження в наступних вакуум-камерах агломашини.

При рудуватому відтінку кольору поверхні спека після виходу з-під горна (недостатня кількість тепла) необхідно провести одну з наступних операцій:

- при заданих витратах газу та повітря на горн перерозподілити навантаження по пальникам, домагаючись, щоб поверхня в цій зоні мала яскраво-жовтий відтінок;

- збільшити витрати газу та повітря, при заданому співвідношенні, або тільки газу;

- зменшити вміст вологи у шихті;

- забезпечити нормальну роботу розгладження шихти;

- прикрити заслінки перших трьох вакуум-камер.

При збільшенні довжини розпеченої поверхні за гірником на 1- 2 м понад звичайну, необхідно зменшити витрату твердого палива і газу, не змінюючи при цьому витрата повітря. Після підходу шихти із зменшеним вмістом вуглецю необхідно відновити співвідношення газ-повітря. При короткочасних зупинках агломашини витрати газу та повітря повинні знижуватися до мінімально допустимої величини, виключаючи при цьому термічний удар на футерування горна [10].

### 1.7.9 Процес спікання

Спікання підготовленої аглошихти є основним етапом технології отримання агломерату, яке ведеться на колосникових гратах агломераційної машини при просмоктуванні повітря за рахунок розвитку високих температур, при горінні вуглецю в шарі шихти і регенерації тепла верхніх шарів агломерату.

Агломераційний цех N2 включає у собі шість машин тип К-3-75. Загальна площа машини - 125 м<sup>2</sup>. Площа машини 75 м<sup>2</sup> довжиною 30 м відведена для процесу спікання, 50 м<sup>2</sup> довжиною 20 м призначена для охолодження агломерату.

Колектор зони спікання обладнаний 11, а зони охолодження 5 бункерами (мішками) для збору просипу .

Спікання аглошихти повинно проводитися на 15 вакуум-камерах, які підключені до газової мережі ексгаустера Д-6500-11-4. Закінчення процесу спікання аглошихти повинне проводитися на 14 вакуум-камері (визначається за максимальною температурою газу, що відходить у вакуум-камері).

Площа агломашини з 16 по 25-ю вакуум-камеру використовується для охолодження готового агломерату, має окремий колектор і батарейний циклон, який підключений до димососа Д 21.5 x 2.

Розрідження перед ексгаустером агломераційної машини має становити 800 1000 мм. вод. ст . Для нормального процесу спікання та виключення різкого ущільнення шихти під горном, розрядження по довжині агломашини повинно розподілятися таким чином:

1-3 вакуум-камера 400 500 мм .вод. ст;

4-13 вакуум-камера 550 700 мм .вод. ст;

14-15 вакуум-камера 500 600 мм .вод. ст;

розрідження в колекторі зони спікання 600 700 мм .вод. ст;

розрідження в колекторі зони охолодження 350 мм. вод. ст.

Швидкість спікальних візків повинна відповідати вертикальній швидкості спікання шихти та забезпечувати раціональний рівень завершеності процесу спікання. Вона має бути тимчасово знижена при порушенні режиму спікання внаслідок:

- нестачі або надлишку вологи в аглошихті;
- надлишку вуглецю в шихті;
- зниження розрідження через утворення великих шкідливих підсмоктування;
- погіршення умов змішування та огрудкування;
- зниження температури шихти;
- зниження температури відхідних газів перед ексгаустером менше 90 °С.

#### **1.7.10 Дроблення та гуркіт агломерату**

Високоякісним агломератом для доменного переділу слід вважати рівномірний агломерат по крупності, з мінімальним вмістом класів більше 30 і менше 5 мм. Середньомасова температура спека , що розвантажується з агломашини не повинна перевищувати 100 °С, визначається візуально зі свічення нижньої частини спеку . Дроблення пирога спеченого агломерату проводиться зубчастою дробаркою. Верхня межа крупності шматків при дробленні в одну стадію не повинна перевищувати 150 мм [9].

Забороняється робота агломашини при накопиченні повернення вище за рівень колосників нижнього каскаду (першого ряду колосників) первинного стаціонарного гуркоту.

Готовий агломерат проходить 2-стадійний гуркіт на стаціонарних гуркотах. Для первинного гуркотіння встановлений трикаскадний стаціонарний гуркіт 3400 x 3500 мм із зазором між колосниками 8- 10 мм. Виділене при гуркотінні повернення зсипається в бункер.

Агломерат при цьому видається на пластинчастий конвеєр і далі транспортується в корпус вторинного гуркоту для розсіву на вторинному стаціонарному гуркоті.

Гуркіт вторинного розсіву (2000 x 3000мм), встановлений у головній частині пластинчастого конвеєра, просвіт між колосниками повинен становити 4-5мм. Після грохочення фракція менше 5мм є поверненням вторинного грохочення та за допомогою розвантажувальної тічки зсипається в барабан охолодження з подальшою видачею на конвеєр ПУЗ-4В. Після гуркотіння агломерат видається в хопері. Кожна машина обладнана пластинчастим конвеєром шириною 1000 мм.

Первинне повернення не повинно містити більше 0,8% вуглецю (визначається хімічним шляхом). З бункера повернення живильниками ДТ-200 подається в барабан охолодження (6шт). Барабани-охолоджувачі (1800 x 4800 мм) повинні мати швидкість обертання - 6 об/хв.

Подача води в барабан охолодження регулюється за заданою температурою зволоженого повернення. Повернення повинно мати 3-5% вологи і охолоджено до 60-70 °С. З барабанів-охолоджувачів первинне повернення видається конвеєра ПУЗ-1В і ПУЗ-2В, якими він подається на конвеєра та розвантажуються в бункери шихтового відділення.

Повернення фракції менше 5 мм, після вторинного гуркотіння піддається охолодженню водою в барабані-охолоджувачі (1500 x 4000мм). Повернення від первинного та вторинного гуркотіння, конвеєрами транспортується та перевантажується у бункери шихтового відділення.

### **1.7.11 Виробництво вапна**

Відділення випалу вапняку має у своєму складі:

- п'ять обпалювальних кільцевих машин типу "ОПР", корисною площею 13,5 м<sup>2</sup>;
- конвеєра Ш-56Ж, Ш-57Ж, Ш-57Ж;
- барабан-змішувач 1800 x 4800мм;
- два бункери (55м<sup>3</sup>) під тверде паливо фракції 3-12мм;
- два бункери (55м<sup>3</sup>) під вапняк звичайний фракції 3-12мм.

Шихта для випалювальних машин складається із звичайного вапняку фракції 3- 12 мм, коксової дрібниці фракції менше 6 мм. Кількість фракції коксової дрібниці менше 0,5мм має бути мінімальною.

Формування шихти для випалювальних машин здійснюється на конвеєрі.

За допомогою тарілчастих живильників ДТ-200 дозується звичайний вапняк, коксова дрібниця дозується за допомогою віброживильників. Вміст вуглецю в шихті має бути 7-8%.

З конвеєра шихта надходить у барабан-змішувач. Вологість шихти після барабана-змішувача має бути в межах 3-4% (визначається візуально). З барабана зволожена шихта перевантажується на реверсивний конвеєр, з якого проводиться завантаження бункерів випалювальних машин.

### **1.8 Постановка задачі роботи**

В роботі передбачається аналіз взаємного зв'язку основних технологічних показників агломераційного процесу для визначення раціональних їх рівнів. Також для зменшення витрат на виробництво, а також скорочення вуглецевого сліду продукції буде розглянута можливість заміни частини природного газу в запалювальному горні на паливні біоматеріали.

## 2 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

### 2.1 Аналіз шихтових матеріалів

При виробництві агломерату для потреб доменного цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» в якості компонентів (сировини) шихти використовують:

- залізну руду (Криворізьке родовище) (табл. 2.1 та рис. 2.1);
- залізорудний концентрат (Криворізький басейн) (табл. 2.2, рис. 2.2);
- оксидний марганцевий концентрат (II сорт) (Нікопольський басейн (табл. 2.3, рис. 2.3);
- окалину ( $Fe_3O_4$ );
- вапно та вапняк (табл. 2.1);
- доломіт;
- колошниковий пил (власна продукція комбінату);
- коксовий дріб'язок;
- власний сухий зворот агломерату;
- шлак;
- вугілля;
- шлам;
- відсів вапняку;
- золу коксу (табл. 2.1);
- інші матеріали.

Дослідження хімічного складу компонентів шихти проводили за допомогою хімічного аналізу, вологість компонентів шихти визначали згідно загальноприйнятої методики (ДСТУ Б В.2.7-250:2011 [12]) та

приведена у табл. 2.4. Для проведення вимірювань вологості сипких матеріалів відбирають і готують проби згідно з ДСТУ EN 933-1:2012 та ДСТУ EN 1097-2:2012 [13, 14] або ДСТУ EN 933-8:2012 та ДСТУ EN 933-1:2012 [15, 16]. Для визначення вологості матеріалу шихти брали зразок, зважували в природному стані та поміщали в сушильну шафу, навіска сушилася до отримання постійної вологи.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад шихтових матеріалів

Компонент шихти	Масова частка компонентів, %							
	Fe езаг	FeO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P	S
Залізна руда	61,51	1,62	8,41	1,13	0,40	0,42	0,02	0,01
Повернення	52,00	13,73	8,00	1,1	11,28	0,96	-	-
Вапняк	0,58	-	1,41	0,39	52,00	0,59	-	-
Вапно	0,20	-	3,5	0,52	75,00	0,94	-	-
Зола коксу	15,50	-	45,00	22,20	3,70	1,70	1,90	0,30

Таблиця 2.2 – Хімічний склад залізорудного концентрату

Назва концентрату	Масова частка компонентів, %										
	Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O
Агломераційний	65,6	26,7	63,4	0,11	0,60	0,80	0,40	0,15	0,025	7,75	0,126



Рисунок 2.1 – Залізна руда Криворізького родовища

Таблиця 2.3 – Хімічний склад марганцевих концентратів з руд основних родовищ України

Сорт концентрату	Масова частка компонентів, %										
	Mn	MO <sub>2</sub>	MO	SiO <sub>2</sub>	CaO	MO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Нікопольський концентрат											
Оксидний I сорт	44,0	48,3	17,4	13,7	3,2	1,3	1,5	1,9	0,19	0,4	1,0
Оксидний IB сорт	42,0	46,0	16,7	15,4	3,3	1,4	1,7	2,2	0,19	0,4	1,2
Оксидний II сорт	36,8	38,5	16,2	20,7	3,9	1,8	1,7	2,6	0,19	0,4	1,5
Карбонатний I сорт	31,0	19,3	24,3	19,2	7,3	1,5	2,5	2,5	0,18	0,9	0,9



Рисунок 2.2 – Залізорудний концентрат Криворізького басейну



Рисунок 2.3 – Марганцевий концентрат Нікопольського басейну

При поточному рівні продуктивності агломераційного цеху витрата компонентів шихти для виробництва агломерату у розрахунку на агломераційну фабрику та окрему агломераційну машину представлена у таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Усереднена вологість компонентів шихти

№ з/п	Найменування компонента шихти	Питома витрата, кг/т	Питома витрата, %	Кількість води кожному матеріалі, %	Загальна усереднена вологість шихти, %
1	Залізна руда (Суша балка)	148,0	12,48	4,00	6,89
2	Залізорудний концентрат (Метінвест)	1590,0	49,77	8,50	
3	Залізорудний концентрат (Метінвест)	2123,0	10,37	7,40	
4	Колошниковий пил	11,0	0,93	2,90	
5	Окалина	3,0	0,25	1,00	
6	Вторинні матеріали	74,0	6,24	10,20	
7	Шлам	20,0	1,69	7,00	
8	Вапняк звичайний	60,0	5,06	2,49	
9	Вапняк на штабель <5 мм	13,0	1,10	2,49	
10	Відсів вапняку	12,0	1,01	2,49	
11	Доломіт сирий ( бункера)	4,0	0,34	2,03	
12	Доломіт сирий ( штабель)	3,0	0,25	2,03	
13	Вапно	42,0	3,54	0,00	
14	Марганцевий концентрат	14,0	1,18	17,90	
15	Шлак КЦ	30,0	2,53	2,50	
16	Коксова дрібниця	6,8	0,57	0,00	
17	Вугілля	31,86	2,69	5,20	
	Всього:	1185,66	100,00		

Показники шихти з урахуванням повернення з агломераційного цеху і введення додаткової води в шихту внесені в табл. 2.6. Хімічний склад доменного агломерату вміщує від 48% Fe до 58% Fe, від 10% FeO до 17% FeO та основністю від 1,0 до 1,4.

Таблиця 2.5 – Витрата компонентів шихти при виробництві агломерату за існуючої технологією (поточне виробництво)

№ п/п	Найменування компонента шихти	Питома витрата (вологих), кг/т	При виробництві 3,95 млн.т/рік агломерату			
			річна витрата, т/агло-фабрику	річна витрата, т/агло-машину	годинна витрата, т/агло-фабрику	годинна витрата, т/агло-машину
1	Залізна руда (Суша балка)	148,0	584 600	97 433,33	73,81	12,30
2	Залізорудний концентрат 1 (Метінвест)	590,0	2 330 500	388 416,67	294,26	49,04
3	Залізорудний концентрат 2 (Метінвест)	123,0	485 850	80 975, 00	61,34	10,22
4	Колошниковий пил	11,0	43 450	7 241,67	5,49	0,93
5	Окалина	3,0	11 850	1 975,00	1,50	0,25
6	Вторинні матеріали	74,0	292 300	48 716,67	36,91	6,15
7	Шлам ЖІК	20,0	79 000	13 166,67	19,97	1,66
8	Вапняк звичайний	60,0	237 000	39 500	29,92	4,99
9	Вапняк на штабель <5 мм	13,0	51 350	8 558,33	6,48	1,08
10	Відсів вапняку	12,0	47 400	7 900,00	5,98	1,00
11	Доломіт сирий (бункера)	4,0	15 800	2 633,33	2,00	0,33
12	Доломіт сирий (штабель)	3,0	11 850	1975,00	1,50	0,25
13	Вапно	42,0	165 900	27 650,00	20,95	3,49
14	Марганцевий концентрат	14,0	55 300	9 216,67	6,98	1,16
15	Шлак КЦ	30,0	118 500	19 750,00	14,96	2,49
16	Коксова дрібниця	8,5	33 575	5 595,83	4,24	0,71
17	Всього:	1195,32	4 721 514	786 919,00	596,15	99,36

Таблиця 2.6 – Питома витрата сировини для виробництва агломерату

Найменування	Питома витрата, кг/т	Питома витрата, %
Суміш компонентів шихти (суха вага)	1 104,02	77,89
Середня волога в агломераційній шихті (шихта + повернення)	81,64	5,76
Повернення агломераційної фабрики	200,00	14,11
Додаткова волога в шихті (доведення вологи до 8%)	31,75	2,24
Всього:	1 417,41	100,00

Агломерат АМН-І спікають з сумішшю оксидного концентрату сорту І та змішаних марганцевих руд першого сорту.

## **2.2 Аналіз впливу вологості шихти, витрати твердого палива та основності на продуктивність агломераційного процесу та якість продукту**

Вологість шихти — це головний фактор, що визначає швидкість агломерації (спікання) та міцність готового агломерату. Вона безпосередньо впливає на процес утворення грудочок (огрудкування дрібних частинок), що необхідно для забезпечення газопроникності шару [17].

Існує оптимальна вологість агломераційної шихти, яка залежить від розміру та властивостей вихідних матеріалів і може становити 5 – 9 %. Втім для конкретних умов, наприклад ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» існує більш вузький інтервал оптимальної вологості: 7,5-8,5 %. Залежність питомої

продуктивності агломераційної машини та міцності агломерату на удар від вологості шихти наведена на рис. 2.4 та 2.5.

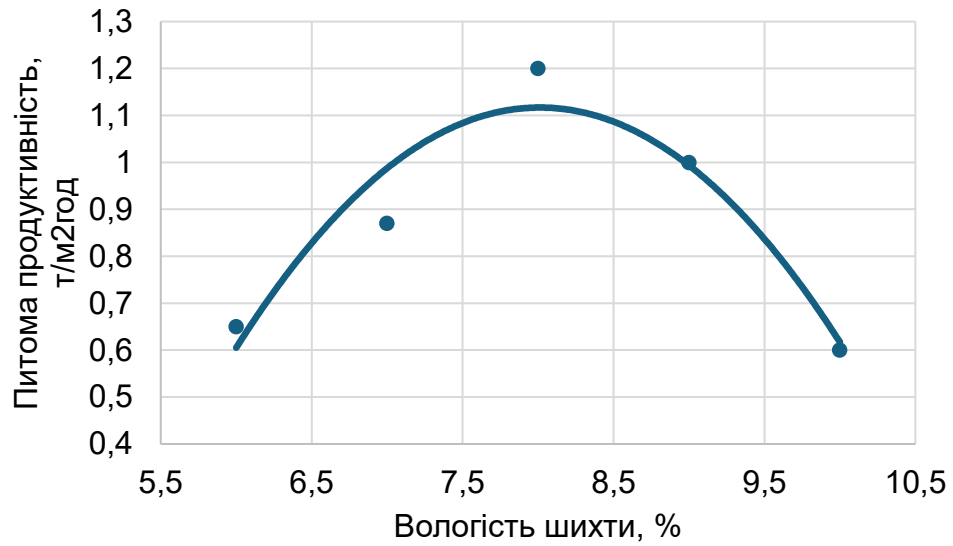


Рисунок 2.4 – Вплив вологості шихти на питому продуктивність агломаційної машини

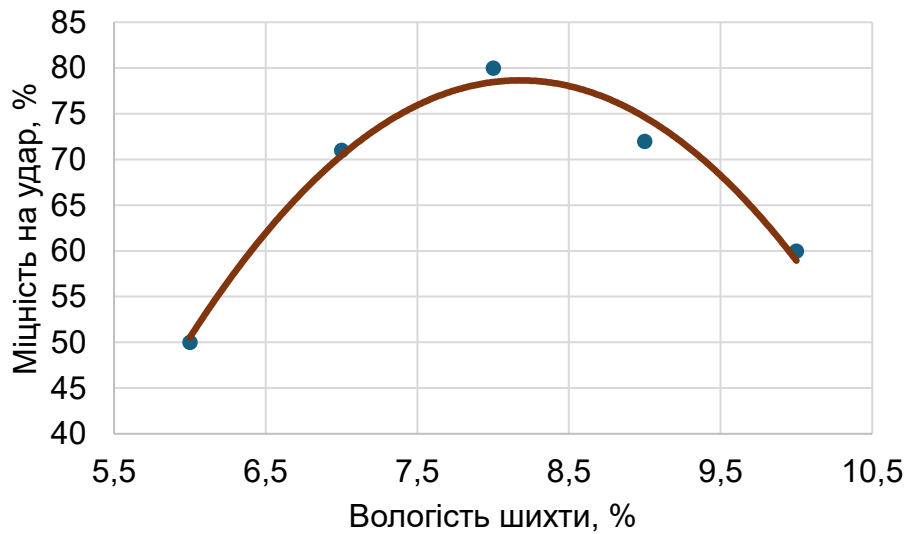


Рисунок 2.5 – Вплив вологості шихти на міцність агломерату на удар

Волога під час огрудкування діє як клей. Вона обволікає частинки матеріалу та за допомогою капілярних сил утворюються міцні грудки, що забезпечує високу газопроникність шару. Це забезпечує швидке горіння палива та високу продуктивність процесу. Утворюється міцний агломерат, спостерігається високий вихід придатного та мінімум дріб'язку [13].

При заниженій вологості значно нижче оптимальної частинки матеріалу не мають достатньої товщини плівка з вологи, процес огрудкування не відбувається. Під час завантаження на стрічку утворюється дрібні пилоподібні частинки, що знижує газопроникність. Продуктивність машини різко падає. Агломерат виходить пухким, слабким та містить багато звороту [8, 11].

При зависокій вологості волога заповнює всі пори між частинками. Шихта стає липкою та утворюється велика кількість крупних грудок. Продуктивність процесу знижується, повітря через таку суміш майже не проходить, процес горіння гальмується. Також потрібно додаткова кількість теплоти на видалення великої кількості вологи. Агломерат виходить погано пропеченим, із високою часткою звороту [3, 8].

Витрата твердого палива в шихті (зазвичай 4 – 6 %) безпосередньо формує тепловий режим агломерації. Від кількості коксу чи вугілля залежить температура горіння і швидкість просування зони спікання. [17]

Вплив витрати палива на продуктивність агломашини та міцність агломерату на удар наведено на рисунках 2.6 та 2.7.

Оптимальна витрата палива, яка забезпечує міцний агломерат і нормальну швидкість процесу, визначається складом шихти, умовами спікання та фізико-хімічними перетвореннями, які відбуваються в процесі спікання.

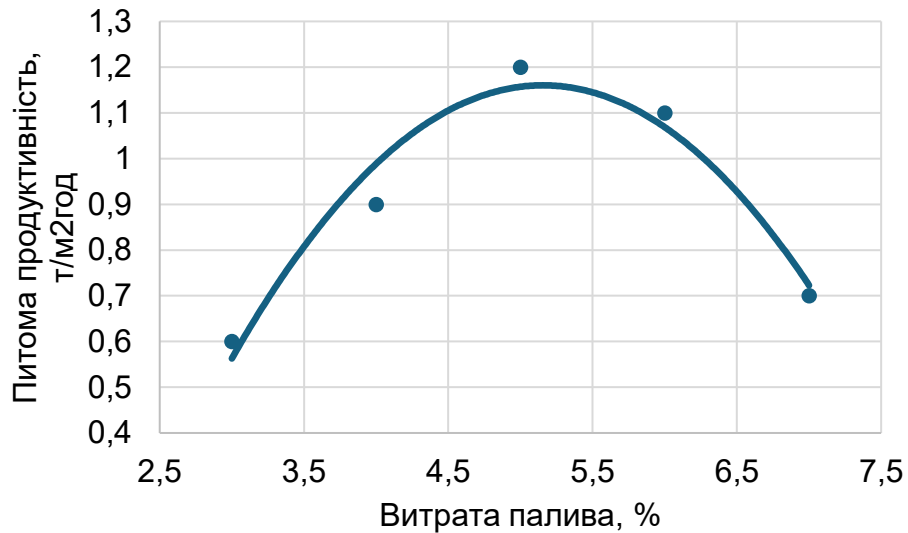


Рисунок 2.6 – Вплив витрати палива на питому продуктивність агломації

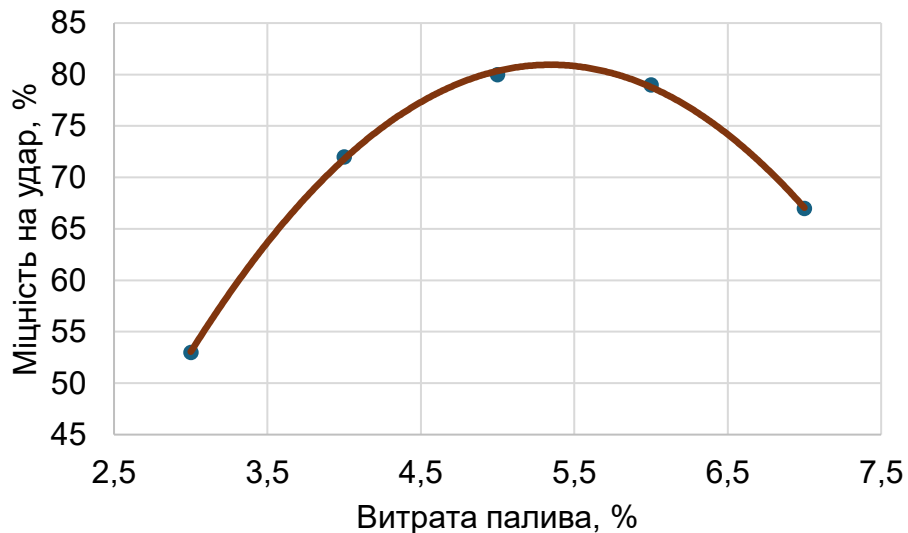


Рисунок 2.7 – Вплив витрати палива на міцність агломерату на удар

При нестачі палива (менше ніж 4 %) шихта недостатньо прогривається. Агломерат стає крихким. Продуктивність падає, бо утворюється багато звороту і в тому числі через низьку міцність агломерату [4, 8].

При надлишку палива (більше ніж 6 %) висока температура призводить до надлишкового утворення рідкої фази. Погіршується газопроникність, швидкість спікання різко падає, агломерат виходить переплавленим з низькою відновлюваністю [18].

Зі збільшенням кількості палива міцність агломерату на удар зростає, досягаючи певного рівня, але при надлишку тепла різко падає через утворення крихких переоплавлених ділянок.

Основність агломерату задається виходячи від замовлення доменного цеху. Втім рівень основності визначає які мінеральні з'єднання будуть утворені в процесі спікання, що вплине на міцність агломерату.

Ці мінерали мають різну міцність, що обумовлює і кінцеву міцність агломерату. Залежність міцності агломерату на удар від основності наведена на рисунку 2.8.

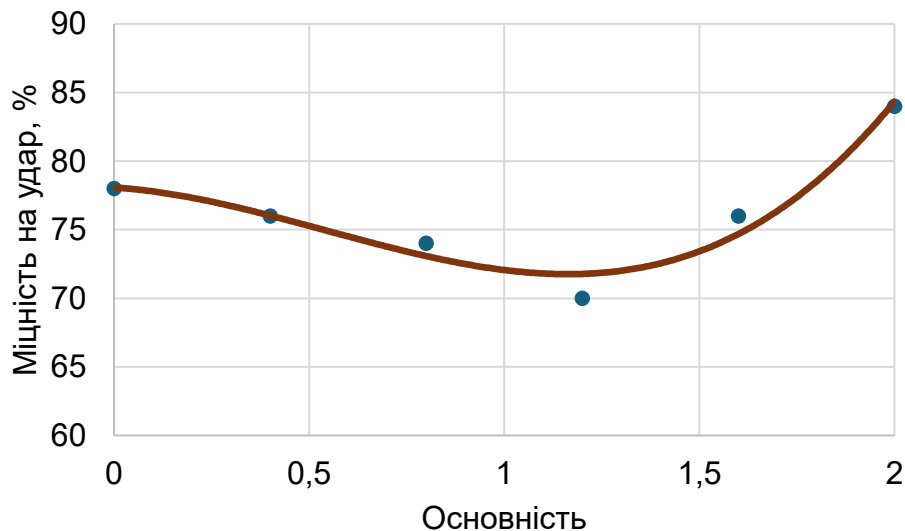


Рисунок 2.8 – Вплив основності на міцність агломерату на удар

При основності близькій 0 мінеральна зв'язка представлена в основному силікатами заліза, при низькій основності 0,8 і менше утворюється мінеральна зв'язка, представлена в основному олівінами

низької основності, при основності 1,1-1,3 утворюється склоподібна зв'язка, при подальшому збільшенні основності в зв'язці переважають ферити кальцію.

### **2.3 Аналіз можливості часткової заміни природного газу біоматеріалами при запалюванні шихти**

З метою економії природного газу та зменшення вуглецевого сліду металопродукції запропоновано використання в запалювальних горнах у якості палива лушпиння соняшника [18, 19].

Сировиною запропоновано сільськогосподарські відходи (лузга соняшника), відходи переробки сільгосппродукції з різною вологістю. Використовується сировина з вологістю до 12%.

Попереднє необхідно провести очищення. У процесі першого етапу очищення відбувається відділення каменів, коріння та інших сторонніх предметів. Потім сировина самопливом направляється в завантажувальний секцію сушки-подрібнення. Дроблення полягає в подрібненні сировини до фракції розмірами 2-4 мм за допомогою самовсмоктуючої дробарки молоткового типу. У її нижній частині сировину подрібнюється і потім висушується, піднімаючись в потоці гарячого теплоносія до динамічного класифікатором, що знаходиться у верхній частині агрегату сушки-подрібнення. Динамічний класифікатор, частота якого задається з пульта управління, пропускає тільки дрібне і суху сировину, а великі і вологі частинки сировини повертаються вниз, до ротора агрегату. Таким чином, цей процес повторюється до отримання необхідної вологості і ступеня подрібнення сировини. Фракція на виході контролюється ситом і розмірами молотків.

Потім за допомогою транспортеру сировина подається до ковшового транспортеру «норія», з якого відбувається загрузка бункера – накопичувача, (силос металевий, вентильований, уніфікований), вентиляція силосу відбувається за рахунок комплектного вентилятора. В бункері відбувається накопичення сировини в об'ємі 664,0 м<sup>3</sup>, далі з нижньої частини силосу за допомогою живильного шнека сировина потрапляє до гвинтового насоса де змішується з повітрям, від компресора та поступає в магістральний пневмопровід, по якому попадає до запалювальних горнів агломашин і до пальників.

Дробленка - це біологічне паливо, яке являє собою подрібнену лузгу соняшника. Енергетична цінність дробленки досить велика від 17 МДж/кг, так як вона має високу щільність, і в її складі відсутня волога (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Характеристика біосировини

№	Показник	Характеристики
1	Агрегатний стан	Дрібна сипка маса (подрібнене лушпиння)
2	Масова частка вологих та легких речовин, %	Не більше 12,0
3	Зольність, %	Не більше ніж 4,0
4	Масова частка жиру й екстрактних речовин в абсолютно сухій речовині, %	Не більше 4,5
5	Теплота згоряння, МДж/кг	Не менше 17
6	Об'ємна (насипна) щільність, кг/м <sup>3</sup>	До 150
7	Масова частка загальної сірки, %	Не більше 0,23

Дробленка - безпечний і екологічно чистий вид палива. При її спалюванні виділяється така ж кількість CO<sub>2</sub>, як і при природному

розкладанні біомаси, яка використовувалася для його виробництва тому вважається нейтральної по відношенню до CO<sub>2</sub>.

Незаперечною перевагою є умови зберігання. Дробленка має низьку займистість, завдяки чому цей матеріал можна зберігати в безпосередній близькості до виробничих об'єктів. Так як вона не поглинає вологу, її здатність віддавати тепло не зменшується з часом, що не вимагає спеціальних умов для зберігання. Крім цього даний вид палива займає небагато місця, має малу вагу, зручний при транспортуванні і зберіганні.

Передбачається заміна 60% газу на запалювання подрібненим лушпинням соняшника.

## **3 ОХОРОНА ПРАЦІ І ЕКОЛОГІЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЗАЛІЗОРУДНОГО АГЛОМЕРАТУ**

### **3.1 Заходи з охорони праці та запобігання аваріям**

Механік, електрик, енергетик цеху забезпечує [20]:

- безпечну експлуатацію, своєчасне проведення оглядів, технічного обслуговування і ремонту устаткування, арматури, трубопроводів, будівель і споруд і т . д. на закріпленій них ділянках ;

- наявність, повноту і правильність ведення технічної документації по експлуатації та ремонту обладнання (вантажопідйомних машин і механізмів, посудин, що працюють під тиском і т.п.), будівель і споруд;

- безпеку робіт, що проводяться підлеглим персоналом, дотримання вимог правил, норм, інструкцій з охорони праці, а також правильну організацію робіт, застосування працюючими засобів індивідуального захисту;

- наявність необхідних технічних засобів захисту працюючих при обслуговуванні та ремонті устаткування, контроль за їх правильним застосуванням;

- справний стан, своєчасний ремонт і ефективну роботу вентиляційних установок та інших санітарно-технічних пристроїв;

- наявність на робочих місцях інструкцій, плакатів, знаків безпеки, попереджувальних написів та інших засобів пропаганди охорони праці.

- керує роботою ремонтного персоналу, визначає заходи безпеки при виконанні ним робіт, в т.ч. робіт з підвищеною небезпекою, оформляє в установленому порядку документацію на проведення цих робіт.

- здійснює перевірку справності та правильності експлуатації обладнання, будівель і споруд, а також їх готовності до виконання

ремонтних робіт. Вживає заходів до усунення виявлених недоліків, записує у відповідному журналі завдання на виконання конкретних робіт. Про результати перевірки інформує начальника цеху.

- виявляє і визначає причини порушення вимог правил безпеки та правил технічної експлуатації обладнання, будівель і споруд, виникнення виробничих неполадок, ведення ремонтних та будівельно-монтажних робіт (в т.ч. робіт проведених сторонніми організаціями) з порушенням правил безпеки та інструкцій з охорони праці. Вживає заходів з недопущення їх повторення.

- готує плани (графіки) оглядів, перевірок і ремонтів обладнання, будівель і споруд, графіки чищення вентсистем, заявки на ремонт обладнання спеціалізованими організаціями, а також на придбання матеріалів, запасних частин, інструменту, вимірювальних приладів і т.д.

- проводить, в рамках діючої на підприємстві Системи управління охороною праці (СУОП), профілактичну роботу з охорони праці, щодо забезпечення дотримання підлеглим персоналом вимог правил, норм та інструкцій.

- проводить інструктаж, навчання, стажування підлеглого персоналу з питань охорони праці. Не допускає до самостійної роботи осіб, які не пройшли своєчасно інструктаж, навчання, стажування та перевірку знань по даному робочому місцю (професії, виду робіт). Так само не допускає до виконання робіт осіб, які не пройшли в установлений термін медогляд, осіб знаходяться в стані алкогольного або наркотичного сп'яніння.

Начальник дільниці:

- забезпечує дотримання підлеглим персоналом трудової та виробничої дисципліни, безпечне виконання робіт, дотримання встановлених норм ведення технологічного процесу, експлуатацію

обладнання, арматури, приладів, інструменту, комунікацій, будівель і споруд відповідно до вимог нормативно-правових актів з охорони праці.

- забезпечує своєчасність проведення технічного огляду, ревізії і ремонту устаткування, трубопроводів, а при необхідності, заміни приладів, арматури, запобіжних і протиаварійних засобів, систем сигналізації та пожежогасіння.

- контролює дотримання встановленого порядку підготовки і безпечного проведення вогневих, газонебезпечних та інших робіт з підвищеною небезпекою, ремонту, введення в експлуатацію обладнання, приладів, арматури і комунікацій. Не допускає введення в експлуатацію обладнання неякісно або в неповному обсязі виконаними роботами при ремонті.

- забезпечує правильну експлуатацію вентиляційних установок, систем опалення та інших санітарно-технічних пристроїв, нормальне освітлення виробничих приміщень і робочих місць. Вживає заходів щодо виключення загазованості і запиленості, використання безпечних методів застосування, зберігання і транспортування шкідливих і вибухопожежонебезпечних речовин і матеріалів, знешкодження стічних вод і шкідливих викидів.

- забезпечує своєчасне проведення інструктажів, навчання, стажування, перевірки знань підлеглого персоналу з питань охорони праці.

- здійснює виконання у встановлені терміни заходів щодо охорони праці, передбачених планами, актами, розпорядженнями, наказами та розпорядженнями.

- щодня, перед початком і протягом робочого дня (зміни) спільно з громадським інспектором з охорони праці здійснює оперативний контроль за станом охорони праці та безпечним веденням робіт у рамках тих контрольних функцій, які регламентовані СУОП.

- негайно повідомляє керівництву цеху і інженеру з оперативного управління виробництвом підприємства про нещасний випадок, аварії, пожежі, загоряння і інші події, а також про вжиті заходи і виконує отримані вказівки.

- забезпечує створення здорових і безпечних умов роботи підлеглого персоналу, а також працівників підрядних організацій, які виконують роботи на території підконтрольного підрозділу, підприємства, забезпечує дотримання ними правил, норм, вимог охорони праці, пожежної безпеки, виробничої санітарії, внутрішнього трудового розпорядку.

Керівник зміни, старший майстер, майстер:

- здійснює технічне керівництво роботою зміни (на ділянці, в цеху) і забезпечує безпечне ведення технологічного процесу, надійний, безаварійну експлуатацію обладнання, засобів контролю і автоматичного управління, технологічних трубопроводів, комунікацій, транспортних засобів і т.п., дотримання персоналом зміни вимог правил, норм та інструкцій з охорони праці. Негайно припиняє порушення безпечних прийомів і методів праці, виробничої дисципліни.

- усуває від роботи осіб, які не виконують вказівок, пов'язаних з дотриманням дисципліни і безпечних методів праці, які працюють в недозволеному (за нормами) спецодязі, що знаходяться в стані алкогольного або наркотичного сп'яніння, повідомляє про це безпосереднього керівника.

- забезпечує правильну організацію робіт, застосування працюючими засобів індивідуального захисту, утримання робочих місць, виробничих площ і території в належному стані, шляхом своєчасного прибирання, усунення пропусків в обладнанні і комунікаціях, виключення накопичення сировини, матеріалів і відходів виробництва.

- забезпечує підготовку та здачу обладнання в ремонт і приймання з ремонту, якісну підготовку робочих місць, обладнання, трубопроводів до ремонтних, вогневих, газонебезпечних та інших робіт з підвищеною небезпекою, а також дотримання встановленої послідовності і заходів безпеки при виконанні цих робіт.

Не допускає виконання робіт без попереднього оформлення відповідної документації, якщо на ці роботи вона передбачена нормативно-правовими актами з охорони праці.

- припиняє виробництво зазначених робіт, якщо вони ведуться з порушенням правил безпеки або якщо на місці їх проведення виникли обставини, тривалість робіт при яких може призвести до вибуху, пожежі, створює небезпеку для працюючих.

- здійснює контроль за технічним станом та безпечною експлуатацією обладнання, трубопроводів, вантажопідйомних машин і механізмів, пристосувань, запобіжних пристроїв, приладів, інструмент а, вентиляційних систем та інших санітарно-технічних пристроїв. Присутній під час пуску і виведення з роботи обладнання, технологічних систем, забезпечує контроль за правильністю дій при цьому персоналу зміни.

- забезпечує збереження і наявність на робочих місцях затверджених інструкцій, журналів та іншої технологічної документації, плакатів, знаків безпеки і попереджувальних написів.

- своєчасно проводить інструктаж, навчання, стажування підлеглого персоналу безпечним методам праці. Не допускає до самостійної роботи осіб, які не пройшли необхідного інструктажу, навчання, стажування та перевірки знань з охорони праці.

- здійснює виконання у встановлені терміни заходів щодо охорони праці, передбачених планами, актами, розпорядженнями, наказами,

розпорядженнями. Готує пропозиції до планів робіт з охорони праці та до колективного договору.

- перед початком зміни і протягом робочого дня здійснює оперативний контроль за станом охорони праці та безпечним веденням робіт у рамках тих контрольних функцій, які регламентовані СУОП.

- негайно доповідає начальнику цеху та інженеру з оперативного управління виробництвом підприємства:

- про кожне загоряння, аварію, нещасний випадок, приймаючи при цьому заходи з надання допомоги постраждалим, ліквідації або локалізації загоряння, аварійної ситуації мул і аварії;

- про порушення в роботі обладнання, ведення технологічного процесу, які не виключають виходу з ладу обладнання, травмування працюючих, створення умов для виникнення загорянь, загазованості та інших ситуацій, близьких до аварійних і здатних перерости в аварію, а також про вжиті ним заходи. Виконує отримані від керівництва цеху вказівки і при необхідності, організовує негайний виклик аварійних служб (пожежної охорони, газорятувальної служби і швидкої медичної допомоги) та надання першої (долікарської) допомоги потерпілим.

- веде облік і аналіз профілактичної роботи з охорони праці в зміні, звітує, в установленому порядку, перед начальником цеху про виконану роботу.

- забезпечує створення здорових і безпечних умов роботи підлеглого персоналу, а також працівників підрядних організацій виконують роботи на території підконтрольного підрозділу, підприємства, забезпечує дотримання ними правил, норм, вимог охорони праці, пожежної безпеки, виробничої санітарії, внутрішнього трудового розпорядку.

Старший працівник (бригадир) [20]:

- забезпечує безпечне проведення робіт відповідно до технологічного регламенту (технологічної карти), планом організації робіт, нарядом-допуском, інструкціями з охорони праці та іншими документами на даний вид робіт, виконуваних бригадою, групою робітників).

- здійснює особистий контроль (самоконтроль) на своєму робочому місці в обсязі інструкцій з охорони праці та для даного робочого місця (професії) та виду робіт, а також бере участь у проведенні оперативного контролю безпосереднього внесення роб керівником робіт (перед початком роботи і в процесі її виконання) в обсязі, регламентованому СУОП.

- перед початком роботи:

- перевіряє стан обладнання, приладів, засобів захисту, огорожень, блокуючих та сигнальних пристроїв, стан робочих місць кожного члена бригади, наявність на них справного інструменту, запобіжних пристроїв, засобів пожежогасіння, безпечне розміщення на робочих місцях сировини, матеріалів. При наявності виявлених порушень вживає заходів щодо негайного їх усунення. До усунення виявлених порушень, робочих до виконання робіт не допускає;
- перевіряє (шляхом опитування) загальний стан здоров'я кожного члена бригади, їх готовність до виконання робіт, наявність у них спецодягу та інших засобів індивідуального захисту, обов'язкових при виконанні даного виду робіт, осіб, які перебувають у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння усуває від роботи і повідомляє керівнику робіт;

- виконує розстановку членів бригади, дає робочим необхідні вказівки щодо безпечного виконання робіт.

- в процесі роботи:

- здійснює контроль за правильним і безпечним виконанням робіт, дотриманням працівниками вимог інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки, застосуванням засобів індивідуального захисту;

- негайно повідомляє безпосереднього керівника про виниклі під час роботи небезпечних ситуаціях, про неполадки, що викликали відхилення від норм і вимог безпеки праці, нещасні випадки і мікротравмах, про порушників вимог інструкцій з охорони праці тощо, а також про вжиті заходи і виконує отримані вказівки;

- організовує негайний виклик, при необхідності, пожежної охорони, газорятувальної служби, швидкої медичної допомоги, надання першої (долікарської) допомоги постраждалим;

- інформує безпосереднього керівника про стан умов праці на робочих місцях в бригаді, вносить пропозиції про їх поліпшенні, бере участь у розробленні та виконанні заходів з охорони праці.

Робочий [20]:

- робочий зобов'язаний:

- дбати про особисту безпеку та здоров'я, а також про безпеку та здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;

- проходити у встановленому законодавством порядку попередній та періодичні медичні огляди;

- проходити передзмінний медичний огляд (для працівників групи КС);

- знати та виконувати вимоги нормативно-правових актів, положень та інструкцій з охорони праці, правил поведження з машинами, механізмами та устаткуванням та іншими засобами виробництва вимоги яких є обов'язковим на його робочому місці (професії або виду робіт);

- користуватися засобами індивідуального та колективного захисту;

- особисто вживати заходів до усунення будь-якої виробничої ситуації, яка створює загрозу його життю чи здоров'ю, або оточуючих його

людей та природному середовищу, повідомляти про небезпеку свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу;

- здійснювати особистий контроль (самоконтроль) з охорони праці на своєму робочому місці в рамках обов'язкових для нього інструкцій та інших нормативно-правових актів з охорони праці, що діють на підприємстві;

- перед початком зміни зобов'язаний прибути на змінно-зустрічні збори в справній чистому спецодязі, у встановленому порядку отримати наряд на виконання робіт, ознайомитися із заходами безпеки щодо безпечного виконання дорученого завдання;

- перед початком виконанням роботи:

- переконатись у безпечному стані робочого місця, де кожен робочий зобов'язаний на своєму робочому місці або на місці проведення робіт дотримуватися вимог Порядку проведення Аналізу Безпеки Виконання Робіт (АБВР), який складається з п'яти кроків:

крок 1. Визначити джерела небезпеки, які існують або можуть виникнути в ході виконання даної роботи.

крок 2. Оцінити можливі наслідки для людей та навколишнього середовища.

крок 3. Визначити та виконати дії, необхідні для надійного захисту від джерел небезпеки.

крок 4. Продумати заходи реагування при можливій нештатній ситуації.

крок 5. Прийняти рішення про можливість почати або продовжити роботу.

- перевірити справність засобів індивідуального захисту, стан та терміни випробування обладнання, пристроїв, інструменту, наявність засобів колективного захисту (огорожень, блокування, сигналізації, вентиляції та ін.).

- при виявленні несправності обладнання і порушень вимог правил охорони праці усуває їх, якщо самотійно усунути неможливо, не приступаючи до роботи, доводить це до відома безпосереднього керівника робіт і діє за його вказівками.

- не приступати до роботи, якщо умови її виконання суперечать вимогам нормативно-правових актів з охорони праці, технологічній карті, технологічній інструкції, карті оцінки ризиків або іншому документі, що регламентує безпечне проведення робіт, а також без інструктажу з охорони праці.

- виконувати тільки ту роботу, яка йому доручена керівником робіт, з дотриманням усіх вимог правил та інструкцій з охорони праці, карт оцінки ризиків, технологічних інструкцій, технологічних карт тощо, точно виконує вказівки бригадира (ланкового) та безпосереднього керівника робіт;

- при виконанні робіт мати при собі всі необхідні документи, які дають йому право виконувати ці роботи.

- працювати тільки в справній чистому спецодязі, спеціальному взутті та інших засобах індивідуального захисту, передбачених нормами, користуватися відповідними засобами захисту та запобіжними пристосуваннями.

- в процесі роботи утримувати своє робоче місце, обладнання, машини, транспортні засоби, інструмент і пристосування в справному стані, порядку та чистоті; не захарашувати проходи та проїзди.

- при нещасному випадку:

- потерпілий або очевидець негайно повідомляє безпосередньому керівнику робіт, диспетчеру (оператору) структурного підрозділу про нещасні випадки, мікротравми та захворювання, що сталися з ним або колегами по роботі протягом робочого часу, надає першу домедичну допомогу постраждалим;

- при отриманні травми або погіршення стану здоров'я в робочий час потерпілий негайно звертається разом з керівником робіт в медичний пункт.
- виконує вимоги стандартів, положень, інструкцій з охорони праці за професіями та видами робіт та інших нормативних документів з охорони праці та промислової безпеки.

### **3.2 Охорона навколишнього середовища в агломераційному виробництві**

За обсягами викидів шкідливих забруднюючих речовин в атмосферу чорна металургія займає третє місце, після теплоенергетичної галузі та транспорту. Стаціонарні джерела викидів - металургійні підприємства, доля викидів яких у повітря становить 2,5 млн. тон, або 61 % від усіх промислових підприємств України, є основними забруднювачами навколишнього природного середовища. У складі викидів в атмосферу переважають оксиди вуглецю (67,5 %), тверді речовини (15,5 %), діоксид сірки (10,8 %) та інші сполуки.

До основних джерел забруднення атмосфери відносяться агломераційне, кокосове виробництво, доменне виробництво чавуну, сталеплавильне виробництво та інші / Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря при агломерації поділяються на технологічні, які утворюються у процесі спікання агломераційної шихти і охолодження агломерату, та неорганізовані, які утворюються у процесі дроблення шихтових матеріалів і агломерату, їх грохочення та перевантаження в процесі транспортування.

Так, виробництво 1 тони агломерату супроводжується виділенням 2500- 4000 м<sup>3</sup> агломераційних газів, які містять 5-60 г/м<sup>3</sup> пилу, 0,3-3,0 % CO, 4-10 % CO<sub>2</sub>, 12-17 % O<sub>2</sub>, 0,01-0,09% (8O<sub>2</sub> + 8O<sub>3</sub>) при малосірчистих та

0,1-0,6% ( $8\text{SO}_2 + 8\text{SO}_3$ ) при сірчистих рудах, азот та інертні гази. Дисперсійний склад пилу (за вагою): 5% частинок розміром до 5 мкм, 3-4 % частинок - розміром 5-10 мкм, 2 % частинок - розміром 10-15 мкм, понад 60 % складають частинки розміром  $> 50$  мкм.

Джерелами забруднення повітряного басейну на аглофабриках є агломераційні стрічки, барабанні та чашеві охолоджувачі агломерату, випалювальні печі, вузли пересипки, транспортування, сортування агломерату та інших компонентів, що входять до складу шихти.

У загальних викидах в атмосферу на агломераційне виробництво приходить 30% пилу і 15% чадного газу. Найбільші забруднювачі, що утворюються в агломераційному виробництві це пил різної хімічної природи й оксиди вуглецю, азоту, сірки (IV), вуглеводні.

Кількість агломераційних газів – 2,5-4,0 тис. м<sup>3</sup> на 1 тонну отриманого агломерату з вмістом в них пилу від 5 до 10 г/м<sup>3</sup>. До складу газів входять оксиди сірки та вуглецю, а пил містить залізо і його оксиди, а також інших оксидів.

Загалом концентрація шкідливих речовин у повітрі всіх основних відділень цеху може досягти величин, що значно перевищують гранично допустимі концентрації згідно законодавчо встановлених норми, якщо не будуть прийняті заходи для видалення і знешкодження цих речовин. Тому очищенню і знешкодженню пилогазових викидів в даний час приділяється серйозна увага у багатьох розвинених у промисловому відношенні країнах.

Крім викидів в атмосферу, металургійні підприємства використовують до 20-25% води від загального її споживання промисловими підприємствами та істот но забруднюють поверхневі води. Металургія займає одно з перших місце в країні також і за обсягами скидання забруднених стічних вод у поверхневі водні об'єкти.

#### 4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ

Для розрахунку економії від запропонованих в 2 розділі технологічних рішень, а саме заміни частини технологічного палива біопаливом прийняті наступні дані.

Площа спікання однієї агломераційної машини 75 м<sup>2</sup>, за даними 2025 року середня питома продуктивність машини склала 1,2 т/м<sup>2</sup> год. Тому можна визначити середню продуктивність машини на годину:

$$75 * 1,2 = 90 \text{ т/год}$$

При витраті газу в запалювальному горні 400-550 м<sup>3</sup>/год (табл. 1.1) питома витрата газу на 1 т агломерату складе:

$$(400+550)/(2*90) = 5,27 \text{ м}^3/\text{т}$$

або

$$5,27*18502/1000 = 89,92 \text{ грн/т}$$

При заміні 60 % технологічного палива біоматеріалами, а саме лушпинням соняшника питома витрата технологічного палива складе:

$$5,27*0,4 = 2,11 \text{ м}^3/\text{т}$$

або

$$2,11*18502/1000 = 39 \text{ грн/т}$$

При цьому додається витрата лушпиння соняшника, приймаючи найнижчу теплоту згоряння лушпиння – 17 МДж/кг, тобто для заміни 1 м<sup>3</sup> природного газу з теплотою згоряння 34 МДж/м<sup>3</sup> потрібно 2 кг лушпиння соняшника, витрата біопалива складе:

$$5,27*0,6*2 = 6,32 \text{ кг/т}$$

Для випадку де лушпиння соняшника має найбільшу вартість з поточної ринкової (гуртові ціни насипом) питома витрата на біопаливо складе:

$$6,32 \cdot 8000 / 1000 = 50,59 \text{ грн/т}$$

Результати розрахунків собівартості агломерату в базовий та проектний періоди наведена у таблиці 4.1.

Для забезпечення подачі лушпиння соняшника потрібно побудувати технологічну лінію, яка включає в себе приймання матеріалу, складування його, сушку та подрібнення і направлення до пальників запалювальний горнів. Також потрібно встановити відповідні пальники для спалювання лушпиння замість газу.

Потрібне наступне обладнання:

- пневматичний забірник лушпиння;
- бункер зберігання матеріалу із розрахунку забезпечення паливом 6 машин;

сушарка-дробарка для сушки та подрібнення лушпиння;

- проміжний бункер для зберігання підготовленого палива;
- система трубопроводів для подачі палива до горнів та пальників.

Загальні інвестиції з урахуванням закупівля, доставки та встановлення обладнання складуть 30 млн грн.

За рахунок заміни 60 % природного газу лушпинням соняшника отримується зниження собівартості на 4,91 грн/т. При поточних обсягах виробництва 2873,7 тис тон на рік (за даними 2025 року) річний економічний ефект складе 14,116 млн грн. При інвестиціях на дільницю приймання, складування та підготовки біопалива 30 млн грн термін окупності складе 2,12 роки.

Слід зазначити що додатково буде економічний ефект за рахунок зниження вуглецевого сліду металопродукції підприємства.

Таблиця 4.1 – Собівартість агломерату

Найменування статті витрат	Факт			Проект		
	Кількість, кг/т (*м <sup>3</sup> /т)	Ціна, грн	Сума, грн/т	Кількість, кг/т (*м <sup>3</sup> /т)	Ціна, грн	Сума, грн/т
Залізорудна шихта	800,4	2650,7	2121,62	800,4	2650,7	2121,62
Вторинна сировина	158,7	690	109,50	158,7	690	109,50
Вапняк	195,5	950,2	185,76	195,5	950,2	185,76
Паливо	44,5	5550,5	247,00	44,5	5550,5	247,00
Паливо технологічне*	5,27	18502	89,92	2,11	18502	39,00
Біопаливо				6,32	8000	50,59
Витрати по переділу, послуги, грн/т			492,72			495,72
Всього, грн/т агломерату			3254,11			3249,20

## ВИСНОВКИ

Аналіз існуючої технології показав, що важливими факторами підвищення ефективності агломераційного виробництва є оптимізація складу шихти, забезпечення необхідної вологості, рівномірності змішування та обкомкування матеріалів. Визначення вологості шихтових компонентів за сучасними стандартами дозволяє підвищити точність контролю технологічних параметрів і стабілізувати процес спікання. Отримані під час практики дані підтверджують доцільність удосконалення технології за рахунок регулювання співвідношення компонентів і впровадження більш ефективних режимів підготовки шихти.

Крім того, було розглянуто питання економічних показників виробництва, що дозволило оцінити вплив вартості сировинних компонентів на собівартість агломерату. Встановлено, що раціональне використання місцевих ресурсів, вторинних матеріалів і відходів виробництва сприяє зниженню витрат та підвищенню конкурентоспроможності продукції.

Проведено аналіз впливу вологості шихти, витрати палива та основності на продуктивність агломашини та якість агломерату. Визначено раціональні рівні цих параметрів.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці та безпеки виробництва. В умовах функціонування підприємства важливим є дотримання вимог безпеки праці, особливо в агломераційних та доменних цехах, які характеризуються підвищеною небезпекою. Ознайомлення з заходами з охорони праці дозволило сформулювати уявлення про організацію безпечних умов роботи та мінімізацію виробничих ризиків.

З урахуванням сучасних умов функціонування металургійної галузі України, пов'язаних із впливом воєнних факторів, дефіцитом

енергоресурсів та необхідністю післявоєнного відновлення, особливого значення набувають питання енергоефективності, екологічності та модернізації виробництва. Отримані результати свідчать про доцільність впровадження інноваційних технологій, спрямованих на підвищення ефективності агломераційного процесу та зниження негативного впливу на довкілля.

Визначено, що за рахунок заміни 60 % природного газу лушпинням соняшника отримується зниження собівартості на 4,91 грн/т. При поточних обсягах виробництва 2873,7 тис тон на рік (за даними 2025 року) річний економічний ефект складе 14,116 млн грн. При інвестиціях на дільницю приймання, складування та підготовки біопалива 30 млн грн термін окупності складе 2,12 роки. Слід зазначити що додатково буде економічний ефект за рахунок зниження вуглецевого сліду металопродукції підприємства.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бережной М. М., Мовчан В. П., Плевако В. С. Збагачення та окускування сировини. Харків, 2000. 365 с.
2. Учитель О. Д., Засельський В. Й., Пополов Д. В., Засельський І. В. Удосконалення технології та обладнання агломераційного виробництва. Кривий Ріг: Р. Козлов, 2018. 182 с
3. Конспект лекцій з дисципліни «Металургія чорних металів». Розділ 1 «Теорія та технологія процесів підготовки сировини до плавки» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 136. «Металургія» освітньо-професійної програми «Металургія чорних металів» /Укл.: Руденко М.Р. Кам'янське: ДДТУ, 2019. – 76 с.
4. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручник / Д. Ф. Чернега та ін. Київ: Вища школа, 2006. 503 с.
5. Шатоха В. І. Сталий розвиток чорної металургії: монографія. Дніпропетровськ: "Дріант", 2015. 184 с.
6. Дорогой Є. В. Сучасний стан питання обгорткування агломераційної шихти, що містить велику кількість тонкоподрібнених матеріалів. Повідомлення 1: Аналіз шихтових умов агломераційного виробництва України. Збірник наукових праць ДонДТУ, 2013. №40. С. 149 - 154.
7. Сігов А. А., Шурхал В. А. Агломераційний процес. Київ: Техніка, 1969. 232 с.
8. Миколаїв К. М. Аглодоменне виробництво. Аналіз роботи у квітні 2010 року. Алчевськ: АМК, 2010. 65 с.
9. Берштейн Р. С., Станішевський Б. А., Биткін В. Н., Болгов В. Г. Вдосконалення технології спікання агломерату. Дніпропетровськ: Промінь, 1975. 120 с.

10. Шуваєв С. П., Семірягін С. В., Нізяєв К. Г., Бойко М. М., Стоянов О. М., Ягольник М. В. Дослідження шляхів інтенсифікації агломераційного процесу в умовах акціонерного товариства «Покровський гірничо-збагачувальний комбінат». *Met. lit'e Ukr.* 2022. Том 30, № 1. Р. 8-15.

11. Бочка В. В., Ягольник М. В., Сова А. В., Фурсов М. О., Маленко К. І., Бойко М. М. Дослідження агломерації залізної руди при використанні роздільної підготовки шихти. *Теорія і практика металургії.* 2022. № 6 (137). С. 59-65.

12. ДСТУ Б В.2.7-250:2011. Матеріали будівельні. Дієлькометричний метод вимірювання вологості (ГОСТ 21718-84, MOD). Чинний від 2012-12-01. Київ: Мінрегіон України, 2012. 10 с.

13. ДСТУ EN 933-1:2012. Заповнювачі для будівельних матеріалів. Методи випробування геометричних характеристик. Частина 1. Визначення зернового складу методом просіювання. Чинний від 2013-07-01. Київ: Мінрегіон України, 2013. 24 с.

14. ДСТУ EN 1097-2:2012. Заповнювачі. Методи випробування механічних і фізичних властивостей. Частина 2. Визначення опору дробленню. Чинний від 2013-07-01. Київ : Мінрегіон України, 2013. 16 с.

15. ДСТУ EN 933-8:2012. Заповнювачі для будівельних матеріалів. Методи випробування геометричних характеристик. Частина 8. Оцінювання вмісту дрібних часток. Чинний від 2013-07-01. Київ: Мінрегіон України, 2013. 14 с.

16. ДСТУ EN 933-1:2012. Заповнювачі для будівельних матеріалів. Методи випробування геометричних характеристик. Частина 1. Визначення зернового складу методом просіювання. Київ: Мінрегіон України, 2013. 24 с.

17. Pietsch W. Agglomeration Processes. 1st Edition. Wiley, 2008. 624 p.

18. Kieush L., Boyko M., Koveria A., Yaholnyk M., Poliakova N. Production of iron ore pellets by utilization of sunflower husks. *Acta Metallurgica Slovaca*. 2021. № 27(4). С. 167-171.

19. Бочка В. В., Нізяєв К. Г., Ягольник М. В., Сова А. В., Шмат К. В., Олексієнко М. М. Оцінка процесів руйнування та способів стабілізації агломерату. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2023. Вип. 37. С. 50- 61.

20. Політика запобігання аваріям на об'єкті підвищеної небезпеки ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ». 2024. 44 с.