

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Гірничо-металургійний факультет  
Кафедра металургії та організації виробництва

«Допущено до захисту»  
Гарант ОПП



Юрій РЕКОВ

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Аглодоменне виробництво»  
за спеціальністю 136 Металургія

**на тему «Вдосконалення технології агломерації при збільшенні  
кількості залізородного концентрату в шихті»**

Керівник роботи

Максим ЯГОЛЬНИК

Наставник від бази  
практики

Олександр БАРАНЦОВ

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

Здобувач

Галина ПАВЛОВСЬКА

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Олександр ФОМЕНКО

Запоріжжя 2026

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>гірничо-металургійний</u>
Кафедра	<u>металургії та організації виробництва</u>
Ступінь вищої освіти	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>136 Металургія</u>
ОПП	<u>Аглодоменне виробництво</u>

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант ОПП

Юрій РЕКОВ

08 грудня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

*Павловська Галина Юріївна*

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Вдосконалення технології агломерації при збільшенні кількості залізорудного концентрату в шихті»

керівник роботи Ягольник Максим Вікторович, доцент, канд. техн. наук.

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

затверджені наказом Університету №239/10.09.2025 від 10.09.2025 р.

2. Термін подання роботи: 24 січня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики агломераційного виробництва, науково-технічні літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПрАТ «Запоріжсталь».

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. Розділ 1. Аналітичні дослідження щодо використання підвищеного вмісту концентрату в агломераційній шихті. Розділ 2. Основна частина. Статистичний аналіз даних роботи агломераційних машин з використанням різного складу шихт. Визначення взаємозв'язків впливу збільшення кількості залізорудного концентрату в шихті на основні технологічні показники процесу агломерації. Розробка пропозицій по зниженню негативного впливу збільшеної кількості концентрату в шихті на техніко-економічні показники аглопроцесу. Розділ 3 . Охорона праці. Розділ 4. Розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 6 слайдів основної частини, 1 слайд економічна частина.

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

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

7. Дата видачі завдання 08.12.2025 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Теоретичний розділ (Аналітично-пошуковий)	08.12.2025-27.12.2025
2	Розділ 2. Технологічний розділ	27.12.2025-10.01.2026
3	Розділ 3. Охорона праці	10.01.2026-14.01.2026
4	Розділ 4. Економічний розділ	14.01.2026-17.01.2026
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, автореферат	17.01.2026-19.01.2026
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	19.01.2026-22.01.2026
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу	22.01.2026-24.01.2026
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	26.01.2026-31.01.2026

Здобувач

Галина ПАВЛОВСЬКА

Керівник роботи

Максим ЯГОЛЬНИК

## АНОТАЦІЯ

*Павловська Г.Ю.* Вдосконалення технології агломерації при збільшенні кількості залізородного концентрату в шихті. – Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 136 Металургія, ОПП «Аглодоменне виробництво» - ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2026.

*Об'єкт дослідження:* технологічний процес виробництва залізородного агломерату на агломераційних машинах стрічкового типу в умовах ПАТ «Запоріжсталь».

*Предмет дослідження:* підвищення продуктивності агломераційних машин та покращення якості готового агломерату в умовах використання підвищеної частки дрібнозернистого залізородного концентрату шляхом оптимізації параметрів спікання.

У першому розділі проведено аналітичний огляд сучасного стану агломераційного виробництва на ПАТ «Запоріжсталь». Розглянуто конструктивні особливості агломашин та технологічні вимоги до сировинних матеріалів (концентрату, палива, флюсів). Визначено, що основною проблемою при використанні дрібнозернистого концентрату є погіршення газопроникності шару шихти.

У другому розділі виконано статистичний аналіз роботи аглофабрики при різних варіантах складу шихти. Встановлено математичні залежності між часткою концентрату в суміші та питомою продуктивністю агломашин. Доведено, що при переході на ....% вміст концентрат у залізородній частині продуктивність знижується. Для розв'язання проблеми запропоновано модернізацію вузла огрудковування шляхом

впровадження барабана-огрудковувача нової конструкції з технологією двостороннього завантаження.

У третьому розділі проведено комплексний аналіз умов праці при впровадженні вдосконаленої технології агломерації. Ідентифіковано ключові виробничі ризики, пов'язані з підвищеним пилоутворенням через збільшення частки концентрату в шихті.

У четвертому розділі представлений розрахунок очікуваної економічної ефективності від впровадження технології використання барабана-огрудковувача нової конструкції з двостороннім завантаженням матеріалів.

Апробація результатів роботи: Ягольник М. В., Павловська Г. Ю. Вдосконалення технології агломерації при збільшенні кількості залізорудного концентрату в шихті. Start in Science: студентська науково-технічна конференція: збірник тез і анотацій наукових доповідей. – Одеса: Олді+, 2025 с. 96-98. <https://dspace.mipolytech.education/items/6e2cb261-1e14-4ed9-a6a8-8c2c1c9543c8>

АГЛОМЕРАТ, АГЛОМЕРАЦІЙНА МАШИНА, ТЕХНОЛОГІЯ СПІКАННЯ АГЛОМЕРАТУ, ПИЛОВИДАЛЕННЯ, ЗАЛІЗОРУДНИЙ КОНЦЕНТРАТ, ГАЗОПРОНИКНІСТЬ ШИХТИ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ПІДВИЩЕНОГО ВМІСТУ КОНЦЕНТРАТУ В АГЛОМЕРАЦІЙНІЙ ШИХТІ	9
1.1 Постановка проблеми	9
1.2 Технологічні особливості виробництва агломерату на ПАТ «Запоріжсталь»	12
1.2.1 Технологічна схема виробництва агломерату	12
1.2.2 Залізорудні матеріали	15
1.2.3 Паливо	16
1.2.4 Флюси	17
1.3 Підготовка сировинних матеріалів до зпикання та контролю їх якості	18
1.4 Приготування шихти	20
1.4.1 Завантаження та зберігання компонентів шихти	20
1.4.2 Шихтування та дозування компонентів агломераційної шихти	22
1.4.3 Дозування рудної частини	23
1.4.4 Дозування твердого палива	26
1.4.5 Контроль дозування	27
1.5 Технологія агломерації	28
1.5.1 Змішування, зволоження та окомкування шихти	29
1.5.2 Завантаження шихти на стрічку агломераційної машини	30
1.5.3 Запалювання шихти	32
1.5.4 Спикання шихти	34
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	36

2.1 Статистичний аналіз даних роботи агломераційних машин з використанням різного складу шихт	36
2.2 Визначення взаємозв'язків впливу збільшення кількості залізородного концентрату в шихті на основні технологічні показники процесу агломерації	38
2.3 Розробка пропозицій по зниженню негативного впливу збільшеної кількості концентрату в шихті на техніко-економічні показники аглопроцесу	45
2.3.1 Проблема та її зв'язок із науковими та практичними завданнями	45
2.3.2 Суть конструкції огрудковувача та технологія роботи	47
2.3.3 Висновки та напрями подальших досліджень	56
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	58
4 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕН	61
4.1 Розрахунок планової собівартості агломерату	61
4.2 Розрахунок планових витрат по переробці агломерату	62
4.3 Очікувана економічна ефективність технології	63
ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТОК А	67

## ВСТУП

У сучасне вітчизняне агломераційне виробництво як сировина для виготовлення агломерату з кожним роком залучається все більша кількість тонкоподрібнених матеріалів. Насамперед зростає частка залізорудного концентрату, який є основним компонентом залізорудної частини агломераційної шихти.

Поряд із цим, все ширше застосування знаходять побічні продукти виробництва: пил газоочисток, продукт переробки сталеплавильних шлаків тощо, які також належать до тонкоподрібнених матеріалів.

Технологія огрудковування та відповідне обладнання, що використовуються на агломераційних фабриках, розроблялися у 60-х роках ХХ століття для огрудковування грубозернистої шихти. Міцність гранул огрудкованої шихти відповідала вимогам, що висувалися до неї для успішного спікання агломерату в шарі товщиною 0,18–0,22 м.

На сьогодні, у зв'язку з невідповідністю використовуваної технології огрудковування сучасним шихтовим умовам виробництва, дуже частою є незадовільна якість огрудкування шихти. Вона характеризується великою кількістю неогрудкованого матеріалу на виході з огрудковувача, значною різницею гранул за крупністю та їхньою невисокою міцністю. Це призводить до погіршення роботи агломераційних машин, зниження обсягів виробництва та якості агломерату.

З метою компенсації цих негативних ефектів у практиці агломераційного виробництва застосовуються досить дорогі методи інтенсифікації процесу: використання високовартісних сполучних добавок при огрудкуванні, двошарове спікання агломерату, комбіноване нагрівання спеку тощо.

Такий підхід суперечить сучасній стратегії енерго- та ресурсозбереження, прийнятій в Україні, і веде до додаткових необґрунтованих енерго- та ресурсозатрат.

# 1 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ПІДВИЩЕНОГО ВМІСТУ КОНЦЕНТРАТУ В АГЛОМЕРАЦІЙНІЙ ШИХТІ

## 1.1 Постановка проблеми

Ефективність використання агломерату в доменній плавці помітно знижується внаслідок значної його неоднорідності за хімічним та гранулометричним складом, а також низької міцності. Руйнування агломерату здійснюється послідовно, починаючи з розриву слабких зв'язуючих і руйнування великих пор. Це свідчить про те, що міцність агломерату блочної структури визначається в основному властивостями міжблочної зв'язки та наявністю великих пор.

За даними, у товарній структурі світової торгівлі залізородною сировиною найбільшу частку займає залізородний концентрат (ЗРК), на який припадає понад 80 % усього обсягу торгівлі, тоді як кускова та агломераційна руда займають решту 15–20 %. Екстраполяція існуючих трендів свідчить про неухильне зниження в майбутньому обсягів видобутку кускової та агломераційної руди у зв'язку з вичерпанням її запасів.

Гранулометричний склад ЗРК та руди деяких вітчизняних і зарубіжних постачальників наведено у табл. 1.1. З аналізу гранулометричного складу ЗРК видно, що він переважно представлений фракцією  $-0,074$  мм, яка не може бути успішно огрудкована з використанням технології огрудковування грубозернистої шихти.

Крім ЗРК, до добавок тонкоподрібнених матеріалів, що використовуються при виробництві агломерату, належать паливо та вапно.

Вапно сприятливо впливає на процес огрудковування, оскільки є хорошим зв'язувальним матеріалом, тоді як паливо, маючи високу гідрофобність, що зумовлює його низьку схильність до огрудкування, створює додаткові труднощі при огрудкуванні агломераційної шихти.

Таблиця 1.1 - Гранулометричний склад ЗРК деяких вітчизняних і зарубіжних постачальників

Країна, постачальник	Вид сировини	Гранулометричний склад, %			
		+10 мм	+1 мм	+0,074 мм	-0,074 мм
Бразилія (Vale, Carajas)	Аглоруда	1,7	83,3	15	-
Австралія (Newman)	аглоруда	-	100	-	-
Бразилія (Ferteco Mineracao, Fabrica)	ЗРК	-	-	10	90
Швеція (LKAB, KBF Kiruna)	ЗРК	-	-	75	25
Україна (НКГЗК)	ЗРК	-	-	3	97
Україна (ПівнГЗК)	ЗРК	-	-	5,3	94,7
Україна (ЦГЗК)	ЗРК	-	-	7	93
Україна (ПівдГЗК)	ЗРК	-	-	5,2	94,5
Україна (ІнГЗК)	ЗРК	-	-	5,5	94

Основна частина палива, відповідно до закономірностей грануляції агломераційної шихти, в огрудкуванні участі не бере, і в підготовленій шихті частинки палива розташовуються в зазорах між гранулами.

Висока якість огрудкування досяжна лише при подальших дослідженнях процесу та розробці нових технологій огрудкування, що забезпечують заздалегідь задані властивості гранул огрудкованої шихти, яка містить велику кількість тонкоподрібнених матеріалів [1].

Для отримання якісного агломерату необхідно формувати в ньому блочну структуру з оптимальним мінералогічним складом міжблочної зв'язки. У роботі [2] зазначається, що цьому відповідають зв'язуючі, які містять у своєму складі достатню кількість таких міцних мінералів, як ферити кальцію та залізо-кальцієві олівіни. Формування якості агломерату здійснюється на всіх етапах його виробництва.

Слід зазначити, що отримати високу ступінь однорідності гранул за крупністю та хімічним складом проблематично через недостатнє врахування поведінки матеріалів під час зволоження та огрудкування

(окомкування), а також через значні коливання розмірів частинок компонентів. Особливо це стосується використання шихти, яка містить значну кількість концентрату крупністю менше 0,1 мм, та крупнозернистих компонентів, таких як залізна руда і повернення. Крім того, існуюча схема огрудкування не забезпечує достатньою мірою рівномірне розподілення компонентів у гранулах та встановлення контактів між частинками шихти, що негативно впливає на процеси твердо- та рідкофазного спікання агломерату. Це суттєво обмежує можливості формування та виробництва агломерату заданої структури і створює необхідність розробки нових шляхів удосконалення підготовки агломераційної шихти до спікання.

Одним із напрямків удосконалення підготовки агломераційної шихти є використання роздільного огрудкування її компонентів. Воно створює можливість управління процесом утворення, росту сирих гранул, а також формуванням їхнього хімічного складу та властивостей. У роботі [4] запропоновано спосіб двостадійної технології грануляції, у якому 70% шихти зволожували з надлишком води і гранулювали в малому барабані, а потім на отримані зародки (центри) накатували решту шихти. Це сприяло поліпшенню гранулометричного складу отриманих гранул, однак запропонована технологія не дозволяє повною мірою забезпечити задану однорідність розподілу компонентів шихти в гранулах та оптимізувати їхню взаємодію в процесі огрудкування. У роботах [5, 6] автори стверджують, що процес утворення гранул у барабані суттєво покращується без додавання у початкову шихту палива. Запропонована технологія вирішує проблему якісної підготовки шихти лише частково, оскільки не впливає на ефективність взаємодії інших компонентів.

У роботі [7] зроблено висновок про те, що ефективність огрудкування шихти можливо підвищити у спеціальному барабані-огрудковувачі, у першій частині робочого простору якого утворюються зародки гранул крупністю 2–2,6 мм, а у другій частині вже здійснюється

накатування решти шихти на поверхню зародків, що призводить до збільшення крупності та міцності гранул.

Аналіз літературних даних свідчить про актуальність проведення подальших теоретичних та експериментальних досліджень особливостей спікання агломерату при використанні в шихті попередньо огрудкованих матеріалів. Шляхом попередньої підготовки композитів певного складу існує можливість створювати умови для оптимізації процесів взаємодії матеріалів при огрудковуванні та для утворення в процесі спікання агломерату заданого складу і властивостей [3].

## **1.2 Технологічні особливості виробництва агломерату на ПАТ «Запоріжсталь»**

### **1.2.1 Технологічна схема виробництва агломерату**

Виробництво високоякісного агломерату є ключовою ланкою у доменному процесі, безпосередньо впливаючи на економічні та технічні показники виплавки чавуну. У сучасних умовах металургійні підприємства, зокрема ПАТ «Запоріжсталь», ставлять високі вимоги до якості залізородної сировини, що вимагає глибокого розуміння та суворого дотримання технологічних параметрів агломерації.

Схема розташування дільниць аглоцеху наведена на рис. 1.1

Схема ланцюга апаратів агломераційного виробництва ПАТ «Запоріжсталь» наведена на рис. 1.2.

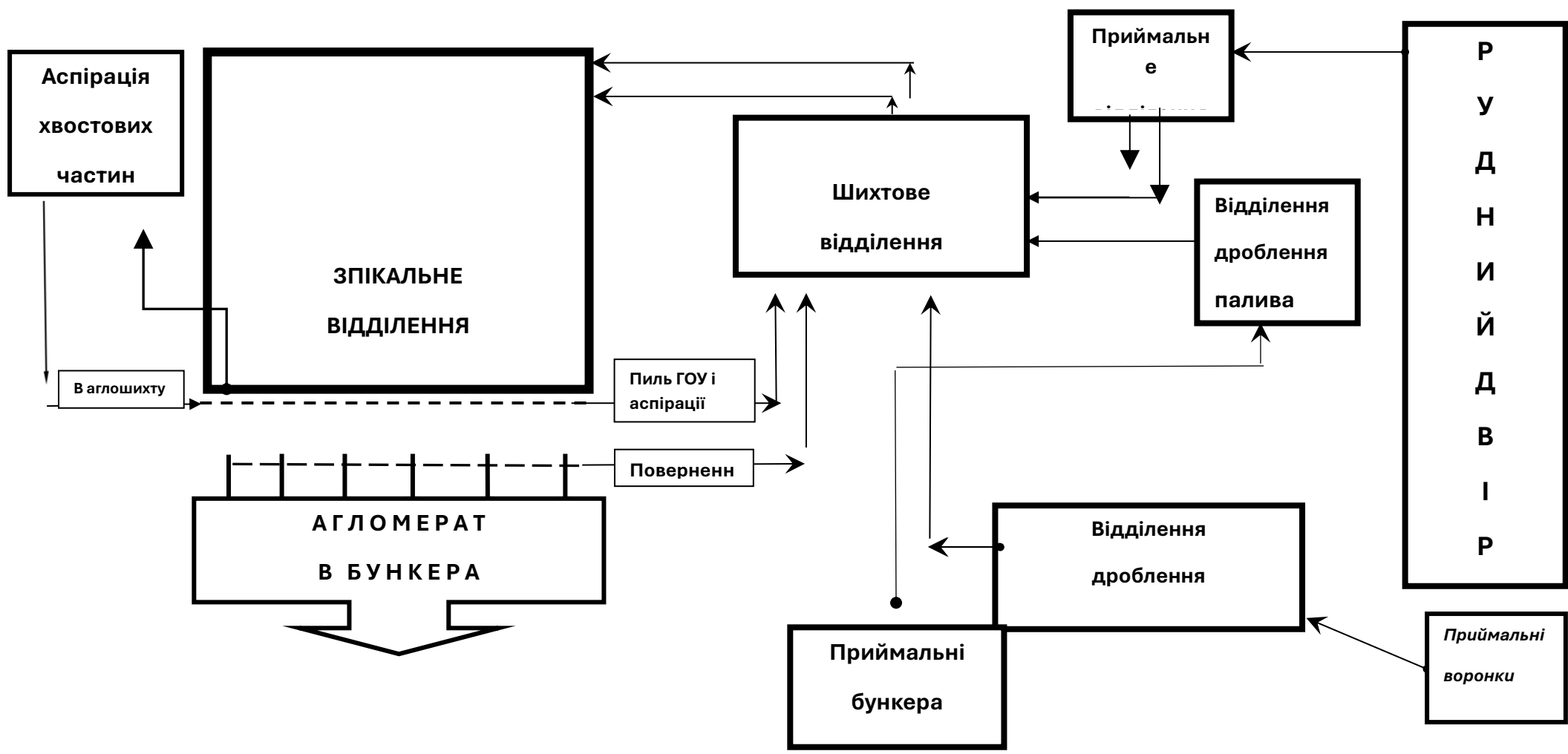


Рисунок 1.1 – Схема розташування дільниць аглоцеху

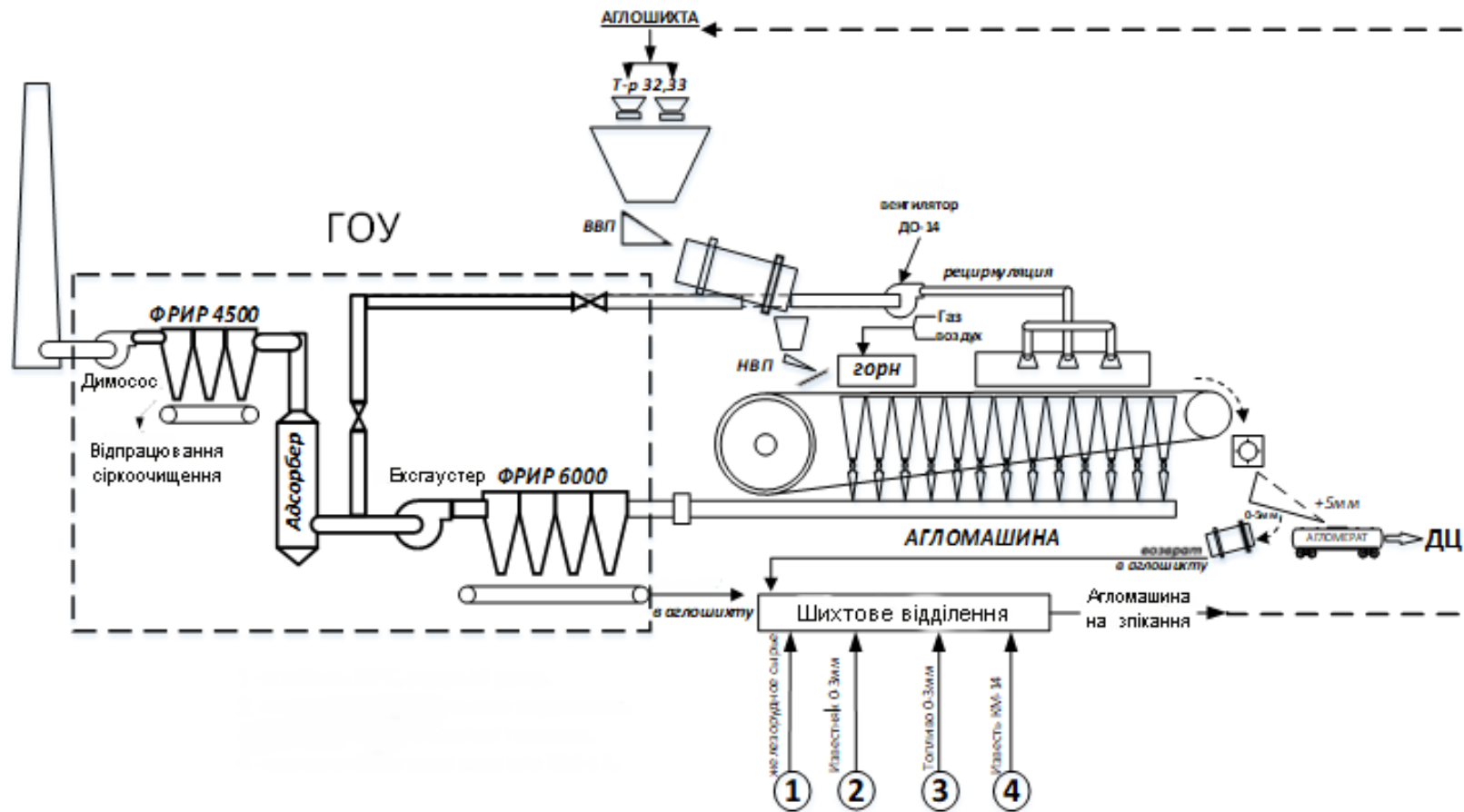


Рисунок 1.2 – Схема агломераційного виробництва ПАТ «Запоріжсталь»: 1 – Штабель ЖРС, рудний двір; 2 – вапняково-дробарне відділення; 3 – відділення подрібнення палива; 4 – вапнообпалювальна машина КМ-14

## 1.2.2 Залізорудні матеріали

Вміст заліза в концентратах і рудах визначається контрактами з постачальниками.

Концентрати залізної руди гірничодобувних і переробних заводів Криворізького залізорудного басейну (ІнГОК, СевГОК, Югок, ЦГОК) з вмістом заліза 63,7-68,5% зберігаються на рудному дворі ДЦ у штабелях з вапном, агломераційною рудою та залізовмісними матеріалами комбінату (закупленими).

Агломераційна руда ЗЗРК постачається двох марок:

- А 1 з вмістом заліза 61,0% і відхиленням мінус 2%;
- А 2 з вмістом заліза 57,0% і відхиленням  $\pm 2\%$ .

Відповідно до ТУ У 13.1–00191307–021:2008 (змiна №4), агломераційна руда КЗРК постачається у двох сортах:

- РА 1 з вмістом заліза 59,0% і відхиленням мінус 4%;
- РА 2 з вмістом заліза 54,9% і відхиленням мінус 3,9%;

Відповідно до ТУ У 13.1–00191329–004:2008 (змiна №4), агломераційна руда «ЕВРАЗ Суха балка» постачається двох марок:

- Агломераційна руда з вмістом заліза 57,0% і відхиленням мінус 2%;
- Агломераційна руда марки АУ з вмістом заліза 60,0% і відхиленням мінус 1%;

Колошниковий пил з пилозбирачів доменних печей зі складом:

- заліза 36-42%;
- вологи до 10%;
- Вуглецю 14-18%

Шлами зворотного циклу подається у приймальні бункери колошникового пилу (або поміщається у штабеля залізорудної сировини).

Шлами зворотного циклу агломераційного, доменного і мартенівських цехів, оксид заліза, пил аспіраційна доменна,

мартенівський пил закладаються у штабеля залізорудної сировини на рудному дворі ДЦ відповідно до затвердженої схеми та окремих інструкцій.

Шлам залізовмісний балки Капустянка складається на рудному дворі у штабель концентрату. За хімічним складом шлам має відповідати таким вимогам: вміст Fe — не менше 40%; SiO<sub>2</sub> — не більше 30%.

Окалина прокатних цехів складається на рудному дворі в штабель залізорудної сировини, вміст неметалевих домішок у окалині відповідно до СТП 226.45-2020 не перевищує 5%, а масла — не більше 0,5%.

Скрап фракції 0÷10 мм, утворений внаслідок обробки сталеплавильних шлаків при виробництві сталі на установці «АМСОМ» у шлакопереробному цеху, складається на рудному дворі в штабель концентрату. Вміст Fe у скрапі металобрухту 0-10 мм відповідно до ТІ 226-ПШ-06-2022 повинен становити щонайменше 60% (з допустимим відхиленням «-2%»). У скрапі фракції 0-10 мм вміст фракції понад 10 мм (верхня межа) не повинен перевищувати 15%.

### **1.2.3 Паливо**

Коксовий дріб'язок ЗКХЗ фракцією 0÷10 мм з вмістом золи не більше 16%, вологістю не більше 22% відповідно до ТУ У 23.1–00190443–011:2011 (з змінами №3) та відсів коксового дріб'язку з доменного цеху та інших КХЗ.

Вугілля (марки АШ, АС, АО) для агломерації постачається відповідно до затверджених нормативних документів і контрактів із вмістом золи не більше 16,4%. Відбір проб палива для хімічного аналізу проводиться під час розвантаження з вагонів контролером ВТК УЯ відповідно до вимог ДСТУ 4096-2002 та «Методів відбору проб антрацитового штиба №1», «Правил щодо процедури роботи з вагонами, що прибувають на завод з коксовим дріб'язком і вугіллям для агломераційного цеху, під час проведення вхідного контролю якості».

Хімічний аналіз палива, що дозується в шихтовому відділі, проводиться двічі за зміну.

#### 1.2.4 Флюси

Вапняк звичайної фракції 20÷120 мм з вмістом:

- CaO + MgO «не менше 51,5%»;
- нерозчинний залишок — «не більше 4%»;
- міцність на стиск «не менше 30 МПа»;
- поглинання води «не більше 3,0%»;
- вологість «не більше 3,0%»

укладається на рудному дворі у штабель над приймальними воронками вапняка № 1–4.

Вапно комкове фракції 10÷80 мм, що подається на комбінат містить:

- (CaO+MgO) - «не менше 80,0%»;
- (CaO+MgO)<sub>актив.</sub> - «не менше 65,0%»;
- MgO — «не більше 8,0%»;
- SiO<sub>2</sub> — «не більше 4,0%»;
- ВПП (втрати при прокалюванні) — «не більше 15,0%»

від різних постачальників зберігається в проміжній траншеї рудного двору ДЦ для подальшого укладання при формуванні штабелю залізорудної сировини.

Вапняк фракцією 3÷10 мм, отриманий в агломераційному цеху на обжиговій машині КМ-14 з вмістом:

- CaO «не менше 70%»;
- ВПП (втрати при прокалюванні) не більше 20%

Він подається безпосередньо у потік агломерного заряду в зарядному відсіку.

Відпрацьоване гашене вапно (пил агломераційного виробництва), що утворюється на газоочисних станціях агломераційних машин під час

знесульфуровування відходячих газів, зберігається в проміжній траншеї рудного двору для подальшого закладання в штабель концентрату.

### **1.3 Підготовка сировинних матеріалів до зпикання та контролю їх якості**

У приймальному відділенні залізорудної сировини (всього 16 бункерів по 45 м<sup>3</sup> кожен) кількість бункерів, відведених під матеріали, що вивантажуються, визначається витратою сировини, яка передбачає індивідуальне дозування (концентрат, руда тощо).

Машиністи шихтоподачі транспортують і розвантажують матеріали у відповідні бункери приймального відділу, запобігаючи їх змішуванню.

З приймальних бункерів матеріали видаються без дозування максимально можливою кількістю живильників на конвеєри №1 та №2 і окремо конвеєрами №1, 2, 5, 6, 15, 16, 20, 21 подаються в бункери шихтового відділення. Навантаження на конвеєри має відповідати їхній продуктивності. Характеристика конвеєрів наведена у додатку А.

Відбір проб концентрату для хіманалізу проводиться автоматичними пробовідбірниками. Пробовідбірники концентрату встановлені на конвеєрах №15 та №16 шихтового відділення. Через кожні 2 години старший дозувальник відібрані проби пропускає через дільник, доводить їхню вагу до 1 кг і доставляє в пробну дільницю ВТК УК агломераційного та доменного цехів.

Примітка: тут і далі по тексту під словом “концентрат” мається на увазі суміш концентрату, аглоруди (за наявності), вапна та залізовмісних матеріалів, що закладаються в штабель на рудному дворі.

У разі зупинки пробовідбірника відбір проб концентрату проводиться старшим дозувальником під час видачі матеріалів на конвеєри №24 та №25 у шихтовому відділенні через кожні 2 години.

Кожна проба готується з 3-х разових відборів, що проводяться через кожні 10 хв. протягом півгодини по черзі від кожного живильника, який видає даний матеріал.

Разовий відбір проводиться з кожного працюючого живильника за допомогою совка з різних точок (не менше 3-х) по ширині лотка. Кількість матеріалу в совку за один відбір з однієї точки має бути не менше 2 кг.

Проба матеріалу, що складається з 3-х разових відборів, послідовним діленням скорочується на спеціальному дільнику до кількості 1 кг, після чого направляється в пробну дільницю ВТК УЯ агломераційного та доменного цехів. Під час скорочення на дільнику шматочки більші за розмір щілини дільника не викидаються, а подрібнюються у ступці та пропускаються через дільник.

У пробній дільниці ВТК УЯ агломераційного та доменного цехів частина проби відбирається в ємність на вологу, а інша частина проби матеріалу висушується і подрібнюється до 1 мм. Висушена, подрібнена проба розрівнюється шаром, і з різних точок спеціальним совком відбирається 100 г матеріалу, які направляються для аналізу в хімлабораторію.

Хімічним аналізом визначається:

а) у першій пробі концентрату (за зміну) Fe, SiO<sub>2</sub>, CaO, C, H<sub>2</sub>O, у другій – SiO<sub>2</sub>, CaO, а в зміні 2 додатково FeO, в третій – SiO<sub>2</sub>, CaO, C, H<sub>2</sub>O, в четвертій – SiO<sub>2</sub>, CaO;

б) у пробі залізної аглоруди (за індивідуального дозування) – Fe, SiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O.

в) у пробі повернення SiO<sub>2</sub>, CaO, а у пробі, що слідує за пробою агломерату - Fe, FeO, SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO.

## **1.4 Приготування шихти**

### **1.4.1 Завантаження та зберігання компонентів шихти**

У шихтовому відділенні для зберігання матеріалів є 32 бункери місткістю по 175 м<sup>3</sup> кожен. Розподіл матеріалів по бункерах здійснюється за схемою, затвердженою заступником начальника цеху з технології та якості відповідно до норм витрати матеріалів (рис. 1.3).

Залізорудна частина та паливо завантажуються в призначені для них шихтові бункери з транспортерів за допомогою саморозвантажувальних візків – автостел.

Автостела переміщується над усіма працюючими бункерами (з одним і тим же матеріалом) із почерговим індивідуальним заповненням їх до верхнього рівня (електрод).

З метою зниження коливань хімічного складу концентрату та недопущення заростання бункерів старший дозувальник щозміни (не раніше 2-х годин від початку зміни і не пізніше, ніж за 2 години до закінчення зміни) проводить заміну не менше двох бункерів відповідно до розробленого порядку. При переході на новий штабель залізорудної сировини протягом наступних 12 годин слід вибрати всі бункери, завантажені сировиною попереднього штабеля.

Зміна бункера палива проводиться не менше одного разу на зміну.

Вапняк та повернення завантажуються у призначені для них бункери за допомогою перемикання відповідних шиберів у горловинах тічок.

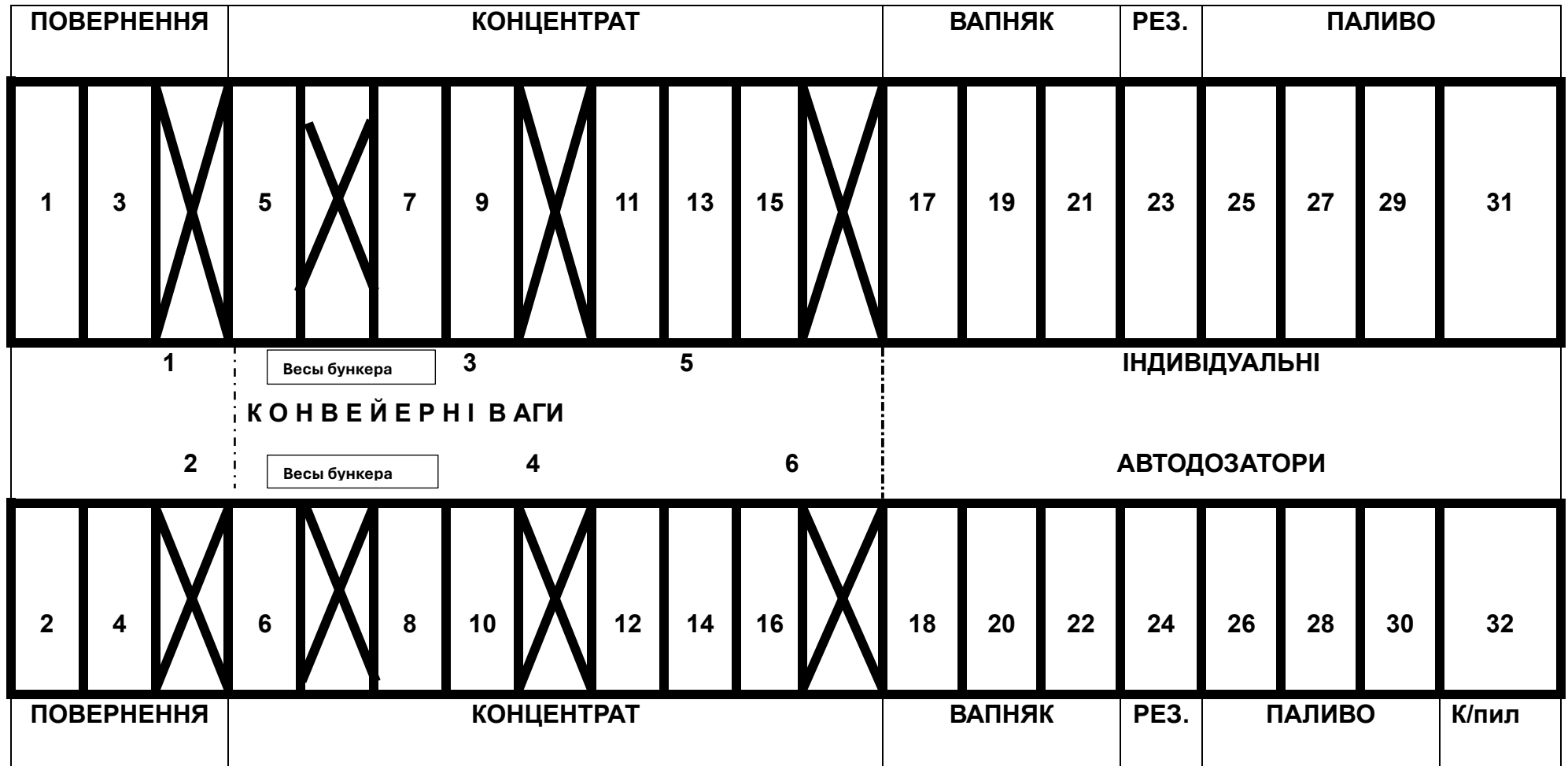


Рисунок 1.3 - Схема розташування матеріалів в бункерах дозувального відділення

## 1.4.2 Шихтування та дозування компонентів агломераційної ШИХТИ

Планова питома витрата шихтових матеріалів на виробництво 1 т агломерату визначається і задається технічним управлінням комбінату відповідно до затверджених норм, запасів, фондів на сировину, хімічного складу агломерату та регламентується затвердженим розрахунком шихти.

Дотримання встановлених витрат шихтових компонентів (повернення, концентрат-вапнований, вапняк, паливо) забезпечується їхнім дозуванням у шихтовому відділенні, тобто видачею їх на збірні конвеєри за одиницю часу в заданих пропорціях.

Дозування повернення та концентрату вимірюється у т/год або в кілограмах на 0,5 погонного метра стрічки транспортера. Перерахунок дозування з одних одиниць в інші проводиться за формулою:

$$Q=b \times 2 \times V \times 3600 / 1000,$$

де Q – дозування в тонах на годину,

b – дозування в кг/0,5 м стрічки конвеєра,

V – швидкість конвеєра, що дорівнює 2,5 м/сек (№24 та №25).

Дозування вапняку та палива вимірюється т/год. Продуктивність дозаторів визначається за формулою:

$$P=Q \times V \times 3600 / 1000,$$

де P – дозування в тонах за годину,

Q – погонне навантаження матеріалу на стрічці живильника (кг/м),

V – швидкість стрічки живильника, (м/с).

Складові частини агломераційної шихти видаються з бункерів шихтового відділення на збірні конвеєри № 24, 25 у такому порядку: аспіраційний пил від хвостових частин агломераційних машин і пил сухих газоочисток агломашин, повернення, аглоруда (за наявності), концентрат, вапняк, паливо, колошниковий пил, вапно випалювальної машини КМ-14.

Аспіраційний пил та пил сухих газоочисток видаються порційно з розвантажувального вікна змішувачів-грануляторів «EIRICH» R19 Konti, повернення та решта залізорудних матеріалів дозуються вібраційними та тарілчастими живильниками безпосередньо на збірні конвеєри №24 і № 25, на яких зважуються конвеєрними вагами. Місця встановлення цих ваг показані на схемі (див. рис. 1.2). Вапняк та паливо дозуються індивідуальними безперервними стрічковими дозаторами «BULKTEQ WBF-M/1224», для палива продуктивністю 30 т/год, для вапняку – 100 т/год

Для забезпечення необхідного усереднення хімічного складу, компоненти шихти мають дозуватися максимально можливою кількістю живильників.

У разі виходу одного з основних компонентів шихти, дозувальне відділення негайно зупиняється, і подача шихти припиняється.

З метою забезпечення сталості властивостей шихти та мінімальних зупинок шихтового відділення, повноту бункерів у шихтовому відділенні необхідно підтримувати не менше 1/3 їхньої ємності.

### **1.4.3 Дозування рудної частини**

Навантаження у шихтовому відділенні встановлюється начальником зміни і підтримується постійним з метою виключення частих зупинок шихтового відділення, які призводять до «недодозованих

хвостів» – окремих нешихтованих матеріалів. «Хвости», у свою чергу, призводять до коливань хімічного складу агломерату та зниження його якості.

При зупинці однієї з агломашин на плановий ремонт, з метою запобігання частим простоям шихтового відділення через переповнення шихтових бункерів агломашин, навантаження у шихтовому відділенні зменшується на 10 - 15%.

Повернення дозується з бункерів шихтового відділення залежно від його кількості.

Витрата колошникового пилу (у разі його подачі в аглоцех через пиловий тракт) у шихтовому відділенні має бути постійною і встановлюється заступником начальника аглоцеху з технології та якості, виходячи з виходу пилу в доменному цеху.

Дозування дробленого вапняку встановлюється з розрахунку забезпечення заданої основності шихти і підтримується постійним.

Коригування витрати дробленого вапняку проводиться у таких випадках:

- а) при зміні вмісту  $\text{CaO}$  та  $\text{SiO}_2$  концентрату;
- б) при зміні вмісту  $\text{SiO}_2$  у штабелі аглоруди;
- в) при зупинках або пусках випалювальної машини КМ-14;
- г) при зміні навантаження у шихтовому відділенні;
- д) у всіх випадках, що можуть викликати відхилення основності шихти більш ніж на 0,2 від заданої.

При зменшенні  $\text{CaO}$  у штабелі концентрату необхідно збільшити, а при збільшенні – зменшити дозування дробленого вапняку в шихтовому відділенні.

Коригування дозування вапняку при зміні  $\text{CaO}$  у концентраті проводиться за розрахунком.

Розрахунок коригування дозування вапняку при зміні  $\text{CaO}$  у штабелі концентрату проводиться за формулою:

$$I = (\Delta \text{CaO} \times Q_k \times W) / \text{CaO} (1),$$

де  $I$  – зміна витрати вапняку, т/год;

$Q_k$  – дозування вапнованого концентрату, т/год;

$\Delta \text{CaO}$  – зміна вмісту оксиду кальцію в концентраті, %;

$\text{CaO}$  – вміст оксиду кальцію в дробленому вапняку, %;

$W$  – вологість вапнованого концентрату, %; вологість для розрахунку обчислюється за формулою  $W = (100 - W)/100$ .

При підвищенні  $\text{SiO}_2$  у руді або концентраті необхідно збільшити, а при зниженні – зменшити дозування дробленого вапняку за розрахунком.

Розрахунок зміни дозування вапняку при зміні  $\text{SiO}_2$  в руді або концентраті проводиться за формулою:

$$I = (\Delta \text{SiO}_2 \times Q_p \times W \times B) / \text{CaO} (1),$$

де  $I$  – зміна дозування вапняку, т/год;

$\Delta \text{SiO}_2$  – зміна вмісту кремнезему в руді або концентраті, %;

$\text{CaO}(1)$  – вміст  $\text{CaO}$  у дробленому вапняку, %;

$Q_p$  – дозування руди або концентрату, т/год;

$W$  – вологість руди або концентрату, %; вологість для розрахунку обчислюється за формулою  $W = (100 - W) / 100$ ;

$B$  – задана основність шихти.

При зменшенні навантаження у шихтовому відділенні необхідно зменшити, а при збільшенні – збільшити дозування дробленого вапняку у шихтовому відділенні відповідно до розрахунку.

Розрахунок дозування дробленого вапняку при зміні навантаження у шихтовому відділенні проводиться за формулою:

$$I_2 = [Q/100 \times (I_1 + P)] - P,$$

де  $I_1$  – дозування дробленого вапняку на 100% навантаження, т/год;

$I_2$  – дозування дробленого вапняку на задане навантаження, т/год;

$P$  – кількість вапняку, що йде на випалювальну машину КМ-14, т/год;

$Q$  – задане навантаження, %.

#### 1.4.4 Дозування твердого палива

Точне дозування палива в шихті є однією з основних умов отримання якісного агломерату. Як підвищення, так і зниження витрати твердого палива в шихту порівняно з оптимальним (заданим), знижують продуктивність агломашин і можуть призвести до зниження якості агломерату.

Точне дозування палива досягається перевіркою правильності роботи дозаторів відповідно до інструкції з налагодження автодозаторів згідно з графіком та одночасною роботою в шихтовому відділенні не менше двох автодозаторів.

Перехід з одного дозатора на інший проводиться не менше одного разу на зміну з попередженням диспетчера, агломератника та майстра відділення агломерації та гарячого повернення.

Вміст вуглецю в шихті залежить від складу шихтових матеріалів і для кожного виду шихти встановлюється дослідним шляхом з умови отримання агломерату зі встановленими характеристиками міцності за максимальної продуктивності агломашин.

Оптимальне значення вмісту вуглецю в аглошихті 3,2 - 4,0%. Допустимі коливання вмісту вуглецю в аглошихті не повинні перевищувати  $\pm 0,5\%$  від оптимального.

Коригування витрати палива в шихту проводить старший агломератник залежно від ходу процесу спікання, фактичного хімічного складу аглошихти та палива.

При введенні або виведенні колошникового пилу з шихти (за індивідуального дозування в шихтовому відділенні) дозування палива необхідно відповідно зменшити або збільшити на 1 т/год на кожні 10 т/год колошникового пилу.

При зменшенні дозування повернення на 50 т/год необхідно збільшити дозування палива до 2 т/год.

#### **1.4.5 Контроль дозування**

Контроль дозування концентрату та повернення здійснюється за показаннями діаграми конвеєрних ваг ВК-202М, Диск-250, де на шкалі безперервно автоматично записується фактична кількість дозованого матеріалу. Контроль дозування вапняку та палива здійснюється в системі за монітором ПК у режимі ONLINE.

Калібрування дозаторів «BULKTEQ WBF-M/1224», що дозують вапняк та паливо, здійснюється згідно з відповідними інструкціями з налагодження дозаторів «BULKTEQ» і проводиться щотижня фахівцями ЦТВЗ відповідно до графіка, затвердженого заступником начальника агломераційного цеху з технології та якості.

Повернення та решта рудних компонентів шихти дозуються живильниками безпосередньо на збірні конвеєри № 24 та 25 та зважуються конвеєрними вагами, місце встановлення яких показано на схемі (див. рис. 1.3).

Правильність показання приладів конвеєрних ваг контролюється шляхом тарирування датчика, згідно з інструкцією щодо конвеєрних ваг. Контрольні перевірки робляться за необхідності шляхом провески

матеріалів із зупинених конвеєрів №24 та №25 трьома деками (піддонами).

Сумарна вага після відрахування ваги дек ділиться на три.

Провеска повернення здійснюється на зупинених конвеєрах № 24 та № 25 також трьома деками.

### **1.5 Технологія агломерації**

Висока якість агломерату є основною умовою високопродуктивної роботи доменних печей. Відповідно до вимог доменної плавки, високоякісний агломерат повинен мати:

- а) високий вміст заліза;
- б) крупність 100-150 мм;
- в) низький ступінь руйнування під час перевантажень і відновлення;
- г) постійність усіх фізико-хімічних властивостей (хімічний, гранулометричний та мінералогічний склад).

Показники якості агломерату регламентуються стандартом підприємства (СТП 226.01.01–19 «Агломерат офлюсований. Технічні вимоги та правила приймання»).

Процес виробництва офлюсованого агломерату складається з таких етапів: приготування шихти, змішування, зволоження та окомкування готової шихти, завантаження шихти на агломераційну стрічку, запалювання шихти, спікання шихти, дроблення агломерату, відсів повернення та транспортування його до шихтового відділення, завантаження агломерату в хопери та контроль його якості.

### 1.5.1 Змішування, зволоження та окомкування шихти

Призначення змішування, зволоження та окомкування шихти – отримання однорідної суміші всіх шихтових компонентів з високою газопроникністю у процесі спікання.

Змішування, зволоження та окомкування шихти здійснюється за одностадійною схемою у змішувальних барабанах, розташованих над агломераційними машинами.

На агломашині №1 довжина барабана – 8,0 м, діаметр – 2,8 м, а швидкість обертання регулюється в межах 4,5 об/хв. На агломашинах №2–№ 6 довжина барабана – 7,5 м, діаметр – 2,5 м, швидкість обертання – 8 об/хв.

Для забезпечення нормального змішування та окомкування ступінь заповнення барабана шихтою має становити 10-15%.

Оптимальна вологість шихти залежить від фізичних та мінералогічних властивостей компонентів аглошихти (склад, співвідношення руда/концентрат у ЗРЧ, фракційний склад компонентів шихти). Коливання не повинні перевищувати +/- 0,5% від оптимальних 7,5 - 9,5% вмісту води в аглошихті, що забезпечує найкраще її окомкування, а отже, і газопроникність шару, що спікається.

Постійність вологості досягається ефективним усередненням сирих матеріалів, подачею в шихту оборотних продуктів (повернення, колошникового пилу) постійної якості та кількості та ретельним контролем за подачею води у змішувальні барабани.

При надмірному зволоженні та крупному окомкуванні шихти агломерат має занадто великі пори та стає крихким. Відбувається процес грязеутворення та руйнування окомкованої структури, особливо в нижньому шарі шихти, що спікається. Газопроникність при цьому різко погіршується і знижується вертикальна швидкість спікання.

При недостатньому зволоженні шихти окомкування її відбувається погано, газопроникність різко погіршується, що також призводить до зниження швидкості спікання.

Ступінь зволоження шихти контролюється системою, в основу якої покладено фотометричний спосіб контролю ступеня окомкування шихти під час її зволоження.

При зменшенні крупності шихти вміст води необхідно збільшити, а при збільшенні крупності – зменшити.

Визначення вологості шихти за зовнішніми ознаками проводиться таким чином:

- а) стиснута в руці шихта з нормальною вологістю повинна зберігати надану їй форму;
- б) при нестачі води шихта розсипається;
- в) при надлишку води шихта прилипає до руки.

### **1.5.2 Завантаження шихти на стрічку агломераційної машини**

Важливою умовою отримання якісного агломерату є правильне завантаження шихти на спікальні візки агломашини.

Після виходу зі змішувального барабана аглошихта надходить у проміжний бункер, у якому підтримується постійний рівень.

З проміжного бункера шихта рівномірно видається на всю ширину живильника (барабанний живильник на а/м № 1; віброживильник на агломашини №2-№6), з якого по завантажувальному лотку рівномірним шаром укладається на аглострічку.

Поверхня шихти, завантаженої на стрічки, повинна постійно загладжуватися за допомогою спеціальної гладилки, розташованої за завантажувальним пристроєм.

Висота шару, що спікається, на кожній агломашині встановлюється начальником цеху або його заступниками залежно від складу

аглошихти, із записом у книгу розпоряджень. Задана висота шару підтримується постійною, при відхиленні від заданої більш ніж  $\pm 20$  мм, агломератник зобов'язаний вжити коригувальних дій для відновлення висоти шару.

Зниження висоти шару супроводжується погіршенням міцності агломерату, підвищенням відносного виходу повернення.

Збільшення висоти шару сприяє покращенню якості агломерату, тобто його зміцненню, зниженню питомої витрати твердого палива на спікання, зниженню відносного виходу повернення, при цьому продуктивність агломераційної машини знижується.

Рівномірний розподіл шихти по всій ширині аглострічки є однією з необхідних умов для нормального перебігу процесу спікання. У разі нерівномірного за висотою розподілу шихти на аглострічці та при виявленні неспечених гнізд шихти по ширині палет у розвантажувальній частині агломашини агломератник повинен вжити заходів для усунення зазначених порушень.

Провали шихти на аглострічці не допускаються. Агломератник зобов'язаний підтримувати колосникову решітку у справному стані, для чого своєчасно:

- а) замінювати колосники, що випали або прогоріли;
- б) усувати перекося колосників, що утворилися;
- в) очищати зазори між колосниками;
- г) закріплювати пальцями колосники спікальних візків.

Для забезпечення рівномірного завантаження шар шихти перед завантажувальним лотком повинен бути вищим за нижню кромку лотка на 30-50 мм.

### 1.5.3 Запалювання шихти

Для запалювання шихти запалювальні горни агломашин №1–№6 обладнані торцевими уніфікованими пальниками фірми «Рубікон» (на агломашині №1 площею спікання 75 м<sup>2</sup> встановлено 5 пальників, на агломашинах №2-№6 площею спікання 62,5 м<sup>2</sup> встановлено по 4 пальники).

Уніфіковані пальники призначені для роботи як на змішаному газі (коксо-доменно-природна суміш), так і на природному газі.

Процес спікання агломерату починається із запалювання верхнього шару шихти під час просування його під запалювальним горном.

Запалювання шихти має на меті не лише займання палива, а й рівномірне хороше оплавлення поверхні пирога агломерату. Запалювання шихти має бути рівномірним та досить інтенсивним. Рівномірне та інтенсивне запалювання сприяє швидкому розвитку процесу в шарі та досягненню високої продуктивності агломашин.

При оптимальному співвідношенні компонентів у газоповітряній суміші, що подається в пальники горна для запалювання шихти, полум'я має яскравий світло-жовтий відтінок. При нестачі повітря полум'я синіє, а при великому надлишку повітря полум'я стає червонуватим і тьмяним.

Для забезпечення інтенсивного запалювання аглошихти необхідне постійне підтримання температури запалювання шихти в межах 1100 – 1300°C. Вимірювання фактичної температури запалювання шихти на агломашинах проводиться стаціонарними оптичними пірометрами в системі «online». Контрольний вимір температури запалювання проводиться відповідно до «Додатка В» не менше одного разу на зміну, або за необхідності (зміна складу шихти, швидкості аглострічки, витрати змішаного/природного газу на запалювання, калорійності газу та ін.). Контрольні виміри проводять ручним безконтактним пірометром

інфрачервоного випромінювання «Raynger 312MSL2G» у чотирьох точках по ширині аглострічки в зонах торкання факела поверхні шихти згідно зі «Схемою контрольних точок для вимірювання температури запалювання шихти».

Нормальне запалювання забезпечується підтриманням:

а) правильного співвідношення газу та повітря в горючій суміші (для 1 м<sup>3</sup> змішаного газу близько 3 м<sup>3</sup> повітря, для 1 м<sup>3</sup> природного газу близько 9,5-12 м<sup>3</sup> повітря), при використанні горнів з метою запалювання та додаткового нагрівання шихти;

б) заданого розподілу газу та повітря по пальниках та температури запалювання по всьому перерізу горна;

в) постійного вмісту вологи в шихті;

г) оптимального вмісту вуглецю в шихті;

д) утримання газогорілкових пристроїв у справному стані.

При температурі факела нижче 1100°C запалювання відбувається мляво та нерівномірно, верхній шар шихти не оплавлений, що легко виявити за рудуватим відтінком поверхні шару шихти після горна, отриманий агломерат не задовольнятиме вимогам СТП 226.01.01-19 через підвищений вміст дрібниці.

При відхиленні температури горна від 1100-1300°C необхідно:

а) перевірити співвідношення повітря та газу в горючій суміші;

б) перевірити вміст вологи та вуглецю в шихті;

в) перевірити розподіл газу та повітря по пальниках;

г) перевірити оптичним приладом температуру під горном.

У разі пошкодження газової мережі горн негайно відключається механічним запірним пристроєм.

Запалювальний горн має водяне охолодження передньої та задньої стінок.

#### 1.5.4 Спікання шихти

Спікання шихти є основним етапом у технології отримання високоякісного агломерату. В результаті процесу спікання повинен вийти однорідний за хімічним складом, міцний, кусковий, пористий агломерат. Постійність хімічного, гранулометричного та мінералогічного складу шихти має вирішальне значення для отримання агломерату з гарною металургійною характеристикою.

Відповідальним за якість спікання є агломератник, який забезпечує видачу якісного агломерату шляхом суворого дотримання технології процесу спікання, включаючи змішування та зволоження шихти, а також завантаження її на палети та запалювання.

Спікання ведеться на колосниковій решітці палет агломераційної машини методом просочування повітря за рахунок розвитку високих температур у шарі шихти, при горінні палива, що знаходиться в шихті. Повітря, що просочується через шар шихти, утворює зону горіння палива висотою 15-35 мм (залежить від шихтових умов) з температурою 1100-1150°C, що пересувається вниз по висоті шару аглошихти до колосникової решітки. Швидкість переміщення високотемпературної зони і визначається як вертикальна швидкість спікання.

Відповідно до вертикальної швидкості спікання, що залежить від шихтових умов, швидкість руху аглострічки регулюється так, щоб процес спікання (досягнення максимальних температур) закінчувався над передостанньою вакуум-камерою №12. Температура газів, що відходять, у вакуум-камері №12 повинна бути вищою або на одному рівні з температурою в останній вакуум-камері №13 (у середньому не менше 220°C).

Причинами зниження вертикальної швидкості спікання можуть бути:

а) коливання вмісту вологи, палива, концентрату, вапна та повернення в шихті;

б) надмірне ущільнення шару шихти при завантаженні;

в) наявність великих шкідливих прососів повітря у газовому тракті;

г) зниження або надмірне збільшення температури запалювання аглошихти;

д) залипання колосникової решітки дрібною шихтою або рідкою фазою аглоспіку [8].

### 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Виробництво агломерату на агломераційних машинах та підготовка проб, випробування та приймання агломерату на бункерах доменного цеху має здійснюватися відповідно до вимог законодавчих, нормативно-правових актів з питань охорони праці, нормативних документів та інструкцій з охорони праці.

Усі технологічні операції з виробництва агломерату працівникам здійснювати з дотриманням вимог безпеки:- інструкції з охорони праці № 0.01 для виконання загальних виробничих робіт в ПАТ «Запоріжсталь»; - інструкції з охорони праці № 0.06 про порядок застосування бірочної системи у ПАТ «Запоріжсталь»;

- інструкції з охорони праці № 0.14 для виконання робіт з прибирання сміття, шлаку, снігу на залізничних коліях, автомобільних дорогах, тротуарах та благоустрою території комбінату;

- інструкції з охорони праці № 0.20 по експлуатації та ремонту об'єктів газового господарства;

- інструкції з охорони праці № 0.30 для осіб з I кваліфікаційною групою з електробезпеки;

- інструкції з охорони праці № 0.51 Про надання домедичної допомоги;

- інструкції з охорони праці № 01.01 для агломератника агломераційного цеху;

- інструкції з охорони праці № 01.10 для бригадира бункерів агломераційного цеху;

- інструкції з охорони праці № 01.11 для бункерувальника агломераційного цеху;

- інструкції з охорони праці № 01.12 для машиніста шихтоподачі агломераційного цеху.

- інструкції з охорони праці № 01.13 для дозувальника агломераційного цеху

- інструкції з охорони праці № 01.14 для дозувальника гарячого повертання агломераційного цеху;

Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»;

- Кодексу законів про працю України;

- Основи законодавства України про загальнообов'язкове державне соціальне страхування;

- Кардинальних правил з охорони праці та промислової безпеки ПАТ «Запоріжсталь»;

- Положення про систему управління охороною праці у ПАТ «Запоріжсталь»;

- Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві (зі змінами), затвердженого постановою КМУ №337 від 17.04.2019 р.;

- НПАОП 0.00–1.71–13 Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями;

- НПАОП 0.00–4.12–05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;

- НПАОП 27.0–3.01–08 «Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної»;

- НПАОП 27.0–7.04–21 Мінімальні вимоги щодо безпеки та здоров'я на роботі в металургійній промисловості;

- НПАОП 27.1–1.06–08 «Правила охорони праці під час ремонту устаткування на підприємствах чорної металургії»;

- НПАОП 27.1–1.09–09 «Правила охорони праці у газовому господарстві підприємств чорної металургії»;

- НПАОП 27.5–1.13–79 «Правила безпеки на залізничному транспорті підприємств системи Мінчормету СРСР»;

- НПАОП 27.5–6.01–79 ОСТ 14.55–79 «Бірочна система на підприємствах чорної металургії. Основні положення. Порядок застосування»;

- ДСН 3.3.6.039–99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації»;

- ДСН 3.3.6.042–99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»;

ПБ №0.01 9.4 Відповідно до наказу Мінприроди від 21.12.2012 № 671 «Технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин з обладнання (установки) для випалу та агломерації металеві руди (включаючи сульфідну руду)» викиди забруднюючих речовин у місці їх виходу з обладнання (безпосередньо за джерелом утворення викидів), не повинні перевищувати технологічних нормативів.

При виробництві офлюсованого агломерату концентрації шкідливих хімічних речовин у повітрі робочої зони не повинні перевищувати ГДК згідно ГОСТ 12.1.005–88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» довідниковий).

Параметри виробничого мікроклімату мають відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042–99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Рівні шуму на робочих місцях повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.-037-99 «Санітарні норми шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Рівні вібрації на робочих місцях мають відповідати вимогам ДСН 3.3.6.-039-99 «Державні санітарні норми загальної та локальної вібрації».

До роботи з виробництва агломерату на агломераційних машинах та підготовці проб, випробування та приймання агломерату на бункерах доменного цеху допускаються особи, які досягли 18 років і пройшли медичний огляд та визнані придатними для виконання даних робіт, які пройшли навчання, інструктажі та перевірку знань відповідно с НПАОП 0.00–4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці [8,14].

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено комплексне дослідження та розроблено технічні рішення щодо вдосконалення процесу агломерації в умовах підвищеного вмісту концентрату в шихті.

Проаналізовано сучасний стан виробництва на аглофабриці ПАТ «Запоріжсталь» та встановлено, що перехід на дрібнозернистий залізородний концентрат зумовлює суттєве зниження газопроникності агломераційного шару, що є головним стримуючим фактором продуктивності.

Обґрунтовано необхідність модернізації вузла підготовки шихти адже традиційні методи огрудкування не забезпечують необхідної міцності гранул при роботі з тонкодисперсними матеріалами.

Запропоновано технічне рішення — впровадження барабана-огрудковувача нової конструкції (згідно з патентом на корисну модель) та застосування технології двостороннього завантаження матеріалів. Це дозволяє здійснювати селективне нанесення палива та флюсів на поверхню гранул, що інтенсифікує процес горіння та зміцнює структуру спеку.

Впровадження запропонованої конструкції дозволяє підвищити вертикальну швидкість спікання та збільшити вихід придатного агломерату, мінімізуючи негативний вплив від використання .....% концентрату, при цьому зростання виробництва становить .....% (з ..... до ..... млн. т/рік). Питома продуктивність зросла з ..... до ..... т/м<sup>2</sup>·год.

Розрахунки підтвердили, що за рахунок збільшення обсягів виробництва агломерату та зниження частки зворотних відходів, собівартість продукції зменшується: зниження на ..... грн/т (за рахунок економії палива на ... кг/т). Проєкт є економічно доцільним з терміном окупності ..... роки при капіталовкладеннях ..... млн грн.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дорогий Є. В. Сучасний стан питання огрудкування агломераційної шихти, що містить велику кількість тонкоподрібнених матеріалів. Повідомлення 1: Аналіз шихтових умов агломераційного виробництва України / Є. В. Дорогий // *Металургія*. — Алчевськ : ДонДТУ, 2013. — 149-154 с.
2. Лівшиць Б.А., Васильєв Г.С. Дослідження механічних властивостей основних компонентів залізородних агломератів // *Ізвестія ВУЗів. Чорна металургія*. — 1964. — № 6. — С. 23–25.
3. Бочка В. В., Сова А. В., Двоєглазова А. В. Поліпшення якості агломерату шляхом удосконалення способу підготовки шихти // *Метал і лиття України*. — 2019. — № 1-2 (308-309). — С. 3–10.
4. Романенко В. П., Попов Г. М. Технологія двостадійного огрудкування агломераційної шихти // *Республіканська науково-технічна конференція «Теоретичні основи та технологія підготовки металургійної сировини до доменного плавлення»*. — Дніпропетровськ, 1980. — С. 13–15.
5. Коршиков Г. В., Шаров С. І. та ін. Вплив способу подачі палива, його виду та крупності на показники процесу спікання концентрату КМА (Курської магнітної аномалії) // *Известия ВУЗов. Черная металлургия*. — 1971. — № 3. — С. 37–39. — № 6. — С. 39–42.
6. Вилупко Є. Є., Ігнатов М. В., Губа А. В., Усенко В. А., Белова А. П. Отримання огрудкованого залізородного матеріалу блочно-коміркової будови // *Сучасні проблеми металургії*. — 2011. — № 14. — С. 50–57.
7. Плотніков В. В. Інтенсифікація агломераційного процесу за рахунок вдосконалення технології комбінованого огрудкування і завантаження шихти / В. В. Плотніков, Л. Н. Сaitгареев // *Вісник*

Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. — 2012. — Вип. 25. — С. 13–18.

8. ТІ-226-ОА-02-25 «Виробництво офлюсованого агломерату».

9. Висновок за результатами дослідно-промислових випробувань виробництва агломерату з вмістом у залізородній частині 100% концентрату.

10. Пат. на мод. 36146 Україна. МПК 7С22В1/14. Барабанний огрудковувач / Худяков О.Ю., Войтанік С.Т. Опубл. 10.10.08. – Бюл. - № 19. – 2008.

11. Сулименко Є. І., Бочка В. В., Мовчан В. П., Бочка С. В., Сулименко С. Є. Експлуатація фабрик огрудкування. — Кривий Ріг: ВЕЖА, 1998.

12. Коротич В. І. Основи теорії та технології підготовки сировини до доменного плавлення. — М.: Metallurgiya, 1978. — 208 с.

13. Войтанік С. Т., Ковальов Д. А., Худяков О. Ю. Конструкція та аналіз ефективності роботи нового барабанного огрудковувача // Металургійна та гірничорудна промисловість. — 2009. — № 6. — С. 100–104

14. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ. Редакція від 01.01.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 28.01.2026).