



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

КАФЕДРА ГІРНИЧОЇ СПРАВИ
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра гірничої справи

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

_____ Іван ЧЕБЕРЯЧКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за підсумками виконання освітньо-професійної програми
«Технології збагачення корисних копалин»
за спеціальністю 184 Гірництво

**На тему «Обґрунтування схеми дроблення магнетитових
кварцитів в умовах Півн.ГЗК»**

Керівник роботи

Костянтин ЛЕВЧЕНКО

Консультант від
бази практики

Олег ГУЛАК

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

Здобувач

Владислав ЖУРАВЛЬОВ

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

Голова ЕК

Андрій РТИЩЕВ

Запоріжжя 2026



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>Гірничо-металургійний</u>
Кафедра	<u>Гірничої справи</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Магістр</u>
Спеціальність	<u>184 Гірництво</u>
ОПП	<u>Технології збагачення корисних копалин</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП


_____ Іван ЧЕБЕРЯЧКО

«___» _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Журавльова Владислава Миколайовича
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Обґрунтування схеми дроблення магнетитових кварцитів в умовах Півн.ГЗК
керівник роботи Левченко Костянтин Анатолійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету №239 від 10.09.2025 р.
Термін подання роботи 23.01.2026 р.
3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти зі збагачення корисних копалин, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики збагачення корисних копалин, літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПІВНІЧНИЙ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ м. Кривий Ріг, результати власних експериментів та досліджень.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Загальна частина. 2 Сировинна база комбінату. 3. Дробильна фабрика №1 4. Спеціальна частина. Удосконалення схеми підготовки магнетитових кварцитів. Висновки. Перелік використаних джерел.
5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): _____



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

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
<i>Розділ 1</i>	Гулак О.П., начальник виробничої дільниці дроблення руди
<i>Розділ 2</i>	Гулак О.П., начальник виробничої дільниці дроблення руди
<i>Розділ 3</i>	Гулак О.П., начальник виробничої дільниці дроблення руди
<i>Розділ 4</i>	Левченко К.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри гірничої справи

7. Дата видачі завдання 08.12.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Загальна частина	08.12-21.12 2025
2	Розділ 2. Сировинна база комбінату	22.12.2025-04.01 2026
3	Розділ 3. Загальні відомості про Дробильну фабрику №1	04.01-19.01 2026
4	Розділ 4. Удосконалення схеми підготовки магнетитових кварцитів	04.01-11.01 2026
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	11.01-19.01. 2026
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	19.01-25.01 2026
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу	25.01-29.01 2026
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	26.01-29.01 2026

Здобувач

Журавльов Владислав

Керівник роботи

Костянтин Левченко



АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена удосконаленню схеми підготовки магнетитових кварцитів в умовах Північного ГЗК з метою підвищення енергоефективності, поліпшення крупності продукту дроблення та забезпечення кращих умов для наступних операцій збагачення.

Актуальність теми обумовлена високою часткою енерговитрат, яка припадає на стадії подрібнення і компенсації її за рахунок зниження на стадії підготовки руди, а також необхідністю зниження операційних витрат і підвищення продуктивності при збереженні або поліпшенні якості кінцевого продукту збагачення.

Об'єктом дослідження є технологічна схема дроблення на виробництві ПрАТ «Північний ГЗК» зосереджена на роботі дробильної фабрики №1 яка забезпечує підготовку руди для подальшого збагачення.

Предметом дослідження виступають технологічні параметри та структурні рішення четвертої стадії дроблення, а саме можливі варіанти інтеграції після конусних дробарок КМДТ валкових пресів високого тиску (ВПВТ) і їх вплив на енергоспоживання, крупність продукту та показники роботи наступних стадій подрібнення.

Метою роботи є розроблення обґрунтованої та економічно доцільної схеми дроблення, що забезпечить зниження сумарних енерговитрат системи дроблення та подрібнення і можливе підвищення продуктивності переділу збагачення.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- Виконати технологічний вибір та розрахунок валкового пресу високого тиску (ВПВТ);
- Запропонувати технологічну схему дроблення;
- Спростувати або обґрунтувати можливість використання замкнутого циклу дроблення в останній стадії;



- Оцінити збільшення енерговитрат на дроблення та зменшення на подрібнення.

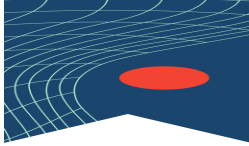
У роботі було застосовано комплекс методів, а саме огляд теоретичних джерел та промислових кейсів, аналіз технічної документації та паспортних даних обладнання, емпіричні та аналітичні розрахунки за формулами.

Ключові слова: Північний ГЗК, дроблення, магнетитові кварцити, валкові преси високого тиску, КМДТ, енергоефективність, дробильна фабрика.



ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	11
1.1. Відомості про Північний гірничо-збагачувальний комбінат.....	11
1.2. Технологічний цикл переробки на «Північному ГЗК».....	14
2. СИРОВИННА БАЗА КОМБІНАТУ.....	16
2.1. Першотравневе родовище.....	16
2.2. Ганнівське родовище.....	22
3. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДРОБИЛЬНУ ФАБРИКУ №1.....	28
3.1. Принцип роботи дробильної фабрики №1.....	28
3.2. Обладнання, функціонал та технологічна схема фабрики.....	30
3.3. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори.....	34
3.4. Безпека технологічних процесів дроблення.....	35
4. УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМИ ПІДГОТОВКИ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ.....	39
4.1. Теорія модернізації процесу підготовки сировини.....	39
4.2. Конструкція та принцип дії валкового пресу високого тиску.....	41
4.3. Обґрунтування та вибір місця застосування валкового пресу високого тиску в технологічній схемі.....	43
4.4. Вибір типу обладнання валкового пресу високого тиску та розрахунок технологічних параметрів в умовах дробильної фабрики №1 на «Північному ГЗК».....	45
4.5. Оцінка зменшення енерговитрат в циклі дроблення та подрібнення.....	49
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55



Перелік умовних позначень символів, одиниць, скорочень і термінів

- РЗФ-1** – рудозбагачувальна фабрика №1;
- РЗФ-2** – рудозбагачувальна фабрика №2;
- ДФ-1** – дробильна фабрика №1;
- ККД** – конусна дробарка крупного дроблення;
- КРД** – конусна дробарка редукційного дроблення;
- КСД** – конусна дробарка середнього дроблення;
- КМДТ** – конусна дробарка мілкового дроблення (тонкого);
- ВКЗ** – верхній корпус збагачення;
- ГІТ** – грохот інерційний важкого типу;
- ДСП** – державні санітарні правила;
- ВПВТ** – валковий прес високого тиску;
- ПівнГЗК** – Північний гірничозбагачувальний комбінат;
- ПрАТ** – приватне акціонерне товариство.



ВСТУП

Залізні руди є однією з найважливіших мінерально-сировинних основ сучасної промисловості та відіграють ключову роль у розвитку металургійного комплексу, машинобудування, будівництва та інфраструктури. Чорна металургія залишається базовою галуззю економіки багатьох промислово розвинених країн, а стабільне забезпечення її якісною сировиною є стратегічним завданням національного рівня. В умовах зростання світового попиту на металопродукцію, підвищення вимог до якості концентратів і окатишів, а також постійного зростання вартості енергоресурсів, особливої актуальності набувають питання вдосконалення технологій підготовки залізорудної сировини.

Україна належить до провідних країн світу за запасами залізних руд, основна частина яких зосереджена в межах Криворізького залізорудного басейну. Магнетитові кварцити Кривбасу характеризуються значними запасами, відносно стабільним мінералогічним складом та придатністю до промислового збагачення, що зумовило формування потужного гірничо-збагачувального комплексу. Разом з тим, магнетитові кварцити належать до руд середньої та підвищеної міцності, що обумовлює значні витрати енергії на стадіях дроблення та особливо подрібнення. У структурі загальних енерговитрат збагачувальних фабрик частка подрібнення може досягати у 7–9 разів більше ніж на дроблення, що робить цю операцію основним резервом для підвищення енергоефективності виробництва.

Процес підготовки залізних руд до збагачення включає послідовність операцій дроблення, грохочення, подрібнення та класифікації, метою яких є досягнення необхідної крупності та розкриття корисного мінералу. Традиційні схеми дроблення, що базуються на використанні щоккових, конусних та ударних дробарок, добре



зарекомендували себе в умовах крупного та середнього дроблення, проте на стадіях мілкового дроблення та підготовки до подрібнення вони не завжди забезпечують оптимальне співвідношення між енергоспоживанням, продуктивністю та якістю кінцевого продукту. Особливо це проявляється при необхідності зменшення крупності живлення млинів, що безпосередньо впливає на їхню продуктивність та питомі витрати електроенергії.

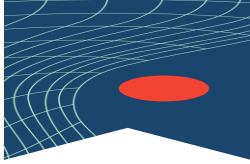
У сучасних умовах розвитку гірничо-збагачувальної галузі все більшої уваги набувають альтернативні та комбіновані технології дроблення, спрямовані на зниження енерговитрат та підвищення ефективності всього технологічного ланцюга.

ПрАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» є одним з найбільших підприємств Криворізького басейну, що спеціалізується на видобутку та збагаченні магнетитових кварцитів з отриманням залізорудного концентрату та окатишів. Дробильна фабрика №1 Північного ГЗК працює за чотирьох стадійною схемою дроблення, яка включає чотири стадії з використанням конусних дробарок крупного, середнього та мілкового дроблення. Незважаючи на надійність і відпрацьованість цієї схеми, вона характеризується значними питомими витратами електроенергії та обмеженими можливостями подальшого підвищення ефективності без впровадження принципово нових технологічних рішень.

У роботі також враховуються сучасні тенденції розвитку гірничо-збагачувальних технологій, спрямовані на підвищення енергоефективності та підвищення економічної стійкості підприємств у довгостроковій перспективі. Зростання вартості електроенергії, посилення екологічних вимог та конкуренція на світових ринках залізорудної продукції вимагають від підприємств постійного вдосконалення технологічних схем і впровадження інноваційних рішень, які забезпечують зниження собівартості продукції без втрати її якості.



Таким чином, дослідження та обґрунтування оптимальної схеми дроблення магнетитових кварцитів в умовах Північного ГЗК є актуальним науково-практичним завданням, що має важливе значення як для конкретного підприємства, так і для гірничо-збагачувальної галузі в цілому. Результати роботи можуть бути використані при модернізації діючих дробильних фабрик, проектуванні нових виробничих потужностей.




РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Відомості про Північний гірничо-збагачувальний комбінат

Північний гірничо-збагачувальний комбінат є одним із найбільших та найпотужніших підприємств гірничо-металургійного комплексу України, що спеціалізується на видобутку та збагаченні залізних руд магнетитового типу. Комбінат розташований у північній частині Криворізького залізорудного басейну в межах міста Кривий Ріг Дніпропетровської області – одного з найбільших промислових центрів країни. Географічне положення підприємства є вигідним з точки зору транспортної логістики, оскільки комбінат має розвинену залізничну інфраструктуру та безпосередній зв'язок з металургійними підприємствами України та зарубіжжя.

Північний ГЗК було введено в промислову експлуатацію у 1963 році. Його створення було зумовлене необхідністю освоєння значних запасів магнетитових кварцитів північної частини Кривбасу та забезпечення металургійної промисловості високоякісною залізорудною сировиною. З моменту введення в експлуатацію комбінат постійно розвивався, проходив етапи технічного переоснащення, реконструкції та нарощування виробничих потужностей, що дозволило йому зайняти провідні позиції серед гірничо-збагачувальних підприємств України.

Сировинну базу Північного ГЗК складають магнетитові кварцити Ганнівського та Першотравневого родовищ, які характеризуються значними промисловими запасами, відносно однорідним мінералогічним складом та придатністю до збагачення магнітними методами. Основним корисним мінералом є магнетит, який залягає у вигляді тонковкраплених включень у кварцовій матриці. Вміст заліза у вихідній руді, як правило, коливається в межах 30–35 %, що зумовлює



необхідність глибокого подрібнення та багатостадійного магнітного збагачення для отримання товарного концентрату.

Гірничі роботи на Північному ГЗК ведуться відкритим способом із застосуванням сучасної буро-підривної техніки, екскаваційного та транспортного обладнання великої одиничної потужності. Видобута гірська маса транспортується на дробильні фабрики, де здійснюється її первинна підготовка до збагачення. У структурі комбінату функціонує декілька основних виробничих підрозділів, до яких належать гірничий цех, дробильні фабрики, збагачувальні фабрики, фабрика огрудкування, допоміжні та ремонтні служби, енергетичне господарство, транспортні підрозділи та служби охорони праці й екологічної безпеки.

Важливе місце у технологічному ланцюгу Північного ГЗК займають дробильні фабрики, зокрема дробильна фабрика №1, яка забезпечує багатостадійне дроблення руди до крупності, необхідної для ефективного подальшого подрібнення у млинах. Технологічна схема дробильної фабрики побудована за класичним принципом і включає чотири стадії дроблення з використанням конусних дробарок крупного, середнього та мілкового дроблення у поєднанні з операціями грохочення. Така схема забезпечує стабільну роботу фабрики, проте характеризується значними питомими витратами електроенергії, особливо на стадіях мілкового дроблення та подальшого подрібнення.

Основною продукцією Північного ГЗК є залізорудний концентрат та залізорудні окатиші з високим вмістом заліза, які відповідають вимогам внутрішнього та зовнішнього ринків. Магнетитовий концентрат широко застосовується у вуглезбагачувальній галузі при створенні важкого середовища, а окотиші у чорній металургії при виплавки чавуну та сталі. Значна частина продукції комбінату експортується до країн Європи та інших регіонів світу, що висуває підвищені вимоги до стабільності якості та конкурентоспроможності продукції.



В умовах сучасного розвитку гірничо-металургійного комплексу Північний ГЗК стикається з рядом техніко-економічних викликів, серед яких зростання вартості енергоресурсів, зниження якості рудної сировини, необхідність зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та підвищення рівня промислової безпеки. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання оптимізації технологічних схем підготовки руди, зокрема дроблення та подрібнення, які є найбільш енергоємними стадіями виробництва.

Північний гірничо-збагачувальний комбінат має значний досвід впровадження нових технологічних рішень, модернізації обладнання та підвищення ефективності виробничих процесів.

Технологічний цикл підготовки, збагачення та виготовлення готової продукції вказана на рис. 1.1 [4].

Організаційна структура Північного ГЗК включає:

Кар'єри (Ганнівський, Першотравневий) – видобуток магнетитових руд, транспортування на дробильні фабрики.

Дробильні фабрики №1, №2, №3, №4 – крупне, середнє та дрібне дроблення руди.

Рудозбагачувальні фабрики (РЗФ-1 і РЗФ-2) – подрібнення, магнітна сепарація, згущення, фільтрація концентрату.

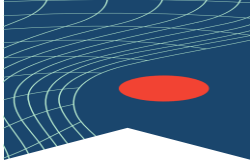
Цех виробництва обкотишів – виробництво сирих обкотишів, їх зміцнюючий випал з отриманням сировини необхідної міцності.

Транспортно-логістична інфраструктура – конвеєрні галереї, залізничні станції, вагоноперекидачі.

Інженерно-ремонтні служби – ремонт гірничотранспортного та цехового обладнання.

Енергетичні цеха – забезпечення електроенергією та водопостачанням.

Лабораторія якості продукції – хімічний і гранулометричний аналіз.



Потужності підприємства:

Виробництво залізорудного концентрату – понад 13 млн тонн/рік в тому числі виробництво обкотишів – близько 7 млн тонн/рік.

Середньорічний обсяг видобутку руди – 30–35 млн тонн



РОЗДІЛ 2. СИРОВИННА БАЗА КОМБІНАТУ

2.1 Першотравневе родовище

Першотравневе родовище залізистих кварцитів знаходиться в Криворізькому районі Дніпропетровської області, у північній частині залізорудного басейну.

Враховуючи умови залягання корисної копалини, представленої потужним крутопадаючим покладом, прийнята проста заглиблювальна система розробки із зовнішнім розташуванням відвалів розкривних порід.

Першотравневий кар'єр введений в експлуатацію в 1964 році з потужністю 13.5 млн.т. сирої руди.

У 1967 році було виконано проектне завдання по збільшенню продуктивності кар'єру до 17 млн.т. сирої руди на рік.

Глибина Першотравневого кар'єру складає 485 м (розкритий горизонт -370 м), ширина кар'єру становить 2400 м, довжина 3250 м. Гірничі роботи ведуться на 33 горизонтах і посуваються в південному, південно-східному і північно-західному напрямках.

З перевантажувальних пунктів та комплексу ЦПТ залізничним транспортом руда вивозиться на ДФ №1, розкривні породи у відвал, розташований на західному борту кар'єру.

Запаси залізистих кварцитів Першотравневого родовища рахуються на балансі Північного гірничо-збагачувального комбінату. Корисною копалиною є залізисті кварцити п'ятого і шостого залізистих горизонтів Саксаганської свити, які використовуються для виробництва залізорудного концентрату.

Першотравневе родовище залізистих кварцитів розташоване в північній частині Криворізького залізорудного басейну в зоні сполучення Саксаганської та Східно-Ганнівської субмеридіональних синклінальних



структур з утворенням поперечного флексурного вигину, що нагадує в плані синклінальну складку широтного простягання – Першотравневу синкліналь. Родовище характеризується складною блоковою тектонікою, високим ступенем метаморфізму залізних руд і вміщуючих порід і інтенсивними проявами метасоматозу.

У будові родовища переважають породи середньої залізорудної свити (PR1sx), які стратифіковані на перший, другий, третій – п'ятий, сьомий сланцеві і перший, другий, п'ятий, шостий, сьомий залістисті горизонти. Продуктивними є залістисті кварцити п'ятого і шостого залістистих горизонтів.

П'ятий залістистий горизонт (PR1sx5f) складає окремі тектонічні блоки в північно-східній частині кар'єрного поля. Складений джеспілітовидними залістистими кварцитами, серед яких переважають (до 90 %) магнетитові різновиди. Середній вміст заліза загального - 39,01 %, заліза пов'язаного з магнетитом, – 32,9 %. Горизонтальна потужність в окремих тектонічних блоках досягає 100 м.

Тектонічними порушеннями родовище розбите на значну кількість окремих блоків різних розмірів (площею від десятків до тисяч м²), просторового орієнтування і складу порід, що складають його. Цим пояснюється утворення складної складчасто-блокової структури родовища. Тектонічні розривні порушення в більшості випадків являють собою зони потужністю від 0,2 до 50-70 м, заповнені брекчіями різного складу. Зони тектонічних розривів були сприятливими для розвитку різних по характеру й інтенсивності метасоматичних процесів.

У геологічній будові родовища беруть участь породи чотирьох свит Криворізької серії (знизу-уверх): сланцево-амфіболітової K0; нижньої-аркозо-філітової K1; середньої-залізорудної K2; верхньої-сланцевої K3.

Породи сланцево-амфіболітової (K0) і нижньої-аркозо-філітової (K1) свит знаходяться в східній частині родовища і представлені амфіболітами, аркозовими піщаниками, слюдистими кварцитами,



сланцями кварц-серицитовими, хлорит-тальковими, тальк карбонатними. Загальна потужність 700-800 м, міцність порід за шкалою професора Протодьяконова коливається в межах від $f = 5-8$ до 10-12.

Середня (залізорудна) свита K2 у районі родовища підрозділяється на три підсвіти: нижню, середню і верхню.

Нижню підсвіту (сланцево-кварцитову) складають породи першого і другого сланцевого і залізистого горизонтів. Породи горизонтів складають південно-східну і північно-східну частину родовища і простежуються у виді безперервної смуги, розбитої на блоки. Сланцеві горизонти складені хлорит-біотитовими, хлорит-серицит-біотитовими сланцями, $f = 5-6$, залізисті горизонти складені магнетит-кумінгтонитовими кварцитами, в окремих ділянках перехідними в кумінгтонит-магнетитові, $f = 12-14$. Загальна потужність нижньої підсвіти, складає 230-260 м. Середня підсвіта представлена єдиною товщею 3-5, сланцеві горизонти K2 3-4-5, складе гранат-хлорит-серицитовими, гранат-біотит-серицитовими і біотит-кварц-кумінгтонитовими сланцями в окремих ділянках з прошарками безрудного кварциту потужністю до 4 см. Породи 5-3 сланцевого горизонту оконтурюють продуктивну товщу (5 і 6 залізисті горизонти) родовища з північного сходу, сходу і південно-сходу, являється лежачим боком. Потужність горизонту 60-200 м, міцність $f = 5-8$.

Верхня підсвіта (5,6,7 залізистий і 7 сланцевий горизонти) складають продуктивну товщу родовища, вона повсюдно розкрита кар'єром і підсічена свердловинами на глибинах 500-600 м.

Корисні копалини які розробляються Першотравневим кар'єром, є силікатно-магнетитові кварцити п'ятого і шостого горизонтів.

П'ятий залізистий горизонт складений тонкошаровими джеспілітовидними сіросмугастими силікат-магнетитовими кварцитами. Ця товща залягає стратиграфічно вище нерозчленованої товщі третього-п'ятого сланцевих горизонтів. Найбільш поширені кварцити



горизонту в північно-східній і східній частині родовища. У південній і південно-східній частині породи горизонту простежуються не повсюдно у вигляді малопотужних і невитриманих по простяганню окремих блоків, що пояснюється зрізанням його розривними порушеннями. Горизонтальна потужність горизонту від 2 до 100 м, міцність $f = 12-16$. Вміст заліза загального в кварцитах п'ятого залізного горизонту коливається в межах 33,0 - 42,4 % при середньому 39,02 %. Вміст заліза магнетитового від 28,0 до 35,0 %, середнє дорівнює 31,86 %.

Шостий залізистий горизонт на родовищі має переважне поширення (97 % усіх запасів) і простежений у виді двох товщ: східної і західної. Розділяються ці товщі кварцитами сьомого сланцевого горизонту. Дворазова поява в розрізі порід шостого залізного горизонту обумовлена тектонічними порушеннями скидового характеру. Горизонт характеризується неоднорідністю порід, як по мінеральному складу, так і по текстурно-структурних особливостях. У межах горизонту виділяються: кварцити силікат-магнетитові середньо-грубошарові і тонкошарові, кварцити магнетит-силікатні середньо-грубошарові, сланці залізисто-силікатні, а також продукти метасоматоза-кварцити кумінгтонит-магнетитові і гематит-магнетитові. Сумарна потужність усіх різновидів порід із шостого залізного горизонту досягає 500-700 м, міцність порід коливається від $f = 10-12$ до $f = 15-16$. Вміст заліза загального коливається в межах 22,5 - 46,0 %, середнє – 34,91 %, заліза магнетитового від 16,0 % до 34,5 %, середнє – 27,53 %. Силікатно-магнетитові кварцити в різному ступені тріщинуваті, а також зібрані в складки різної форми.

Сьомий сланцевий горизонт складений магнетит-силікатними кварцитами з малопотужними прошарками сланців. Простежується він або у вигляді верстви, розділяючи шостий залізистий горизонт на західну і східну товщі (південно-західна частина родовища), або у виді окремих неправильних блоків (північно-східна частина). У північній




частині горизонту зрізаний розривними порушеннями. У багатьох випадках окремі блоки горизонту зміщені по відношенню друг до друга на значні відстані, це пояснюється переміщенням їх уздовж розривних порушень. Потужність горизонту змінюється від 40 до 440 м, міцність $f = 12-14$. У товщі порід сьомого сланцевого горизонту вміст заліза загального коливається від 12 до 31 %, переважно 19,23%, заліза магнетитового від 8 до 20 %, частіше – 10,13 %.

Сьомий залізистий горизонт складений смугастими магнетит-силікатними кварцитами. Вони підстилаються червоно-смугастими силікат-магнетитовими кварцитами західної товщі шостого залізистого горизонту і перекриваються породами верхньої свити. Простежується горизонт у південно-західній частині родовища у виді блоків, у північній частині він зрізується подовжніми розривними порушеннями, потужність горизонту 100-400 м, міцність $f = 12-14$.

Верхня свита К3 простежується уздовж західної границі родовища і є його висячим боком. Крім того, породи верхньої свити, зустрічаються серед порід середньої свити у виді окремого блоку потужністю до 150 м, що на глибину розчленовується на ряд роз'єднаних блоків. Породи верхньої свити, представлені безрудними кварцитами з украленнями магнетиту, хлоритовими, хлорит-біотитовими, із графітитом і карбонами, сланцями і кварц-силікат-карбонатними породами. Потужність порід верхньої свити 600 м, $f = 8-14$. На родовищі широко розвита брекчії по тектонічних розривних порушеннях. Потужність зон брекчій коливається від часток сантиметра до 30-50 м. Зони утворюють часті роздуви і стоншення з численними відгалуженням. Міцність брекчій за шкалою Протодьяконова 8-10, а в окремих ділянках до 16.

На родовищі розвита площинна кора вивітрювання (зона окислювання) корінних порід, що виходять під кайнозойські утворення. Середня потужність окислених порід шостого залізистого горизонту



дорівнює 22,6 м при коливанні від 5,0 до 61 м і п'ятого залізного горизонту – 18,9 м при коливанні від 8,5 м до 30,5 м.

Приблизно такі ж потужності окислених порід характерні для сьомого сланцевого і залізного горизонту і першого-другого залізистих і сланцевих горизонтів.

Кристалічні породи, що складають родовище, перекриті з різкою кутовою незгодою товщею пухких кайнозойських відкладень, які залягають горизонтально. Представлені вони осадовими породами палеогенового, неогенового і четвертинного віку. Загальна середня потужність кайнозойських відкладень дорівнює 22 м, при коливанні від 2 до 48 м.

На Першотравневому кар'єрі до складу руди, що добувається, входять наступні основні різновиди: силікат-магнетитові кварцити і брекчія кварцитів.

Фізико-механічні властивості порід Першотравневого родовища вказані у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізико-механічні властивості порід
Першотравневого родовища

Номер умовного горизонту	Густина, г/см ³	Щільність, г/см ³	Пористість, %	Міцність порід за шкалою Протодьяконова
1	3,51	3,67	4,4	14-16
2	3,38	3,49	3,1	11-12
3	3,02	3,27	7,7	11-13
4	3,06	3,22	5,3	13-16
5	3,0	3,2	3,0	5-17
6	3,05	3,3	2,02	6-12
7	2,8	2,9	1,4	3-12



2.2 Ганнівське родовище

Ганнівське родовище залізистих кварцитів розташоване в північній частині Криворізького басейну, що є складовою частиною Криворізько-Кременчуцької структурно-фаціальній зони порід залізисто-кременевої формації.

По геологічних особливостях родовище поділяється на дві частини: південну і північну.

Характерна риса південної частина родовища – численні поперечні розривні порушення, що розділяють товщі порід на окремі блоки, довжина яких по простяганню змінюється від 50-100 м до 200-300 м, а поперечне переміщення одне до одного складає від декількох метрів до 200 м. При цьому відбувається зміна падіння рудного тіла з заходу на схід і назад.

Крім поперечних (субширотних), на родовищі встановлені поздовжні (субмеридиальні) розривні порушення – Західне, іменоване Саксаганським розломом, і Східне – Східним розломом.

У геологічній будові Ганнівського родовища беруть участь породи чотирьох свит Криворізької серії нижнього протерозою, у тому числі: сланц-амфіболова, нижня – аркоз-філітова і верхня – сланцева.

Продуктивною залізорудною товщею є силікатно-магнетитові і магнетит-силікатні кварцити першого залізистого горизонту. На схід продуктивної товщі залізистих кварцитів залягають кристалічні утворення, що утворюють лежачий бік покладу, на захід – висячий бік.

До порід лежачого боку відносяться сланц-амфіболова свита, складена амфіболітами, слюдистими кварцитами і сланцями, а також полевошпатопіроксеновою породою. Горизонтальна потужність 100-850 м.

Нижня свита представлена трьома горизонтами:

1) слюдистих кварцитів (аркозовий);



- 2) кварц-серіцит-хлоритових сланців (філітовий);
- 3) серпентин-куммінтонових і куммінтонових сланців (тальковий).

Горизонтальна потужність порід 75-220 м.

У будові середньої свити беруть участь магнетит-амфіболітові й амфібол-магнетитові кварцити нульового, першого, другого залізистих горизонтів, що чергуються з магнетит-амфіболовими і силікатними сланцями першого і другого сланцевого горизонту.

Нульовий сланцевий горизонт складений кварц-амфіболов-біотитовими з кристалами гранату сланцями, що включають рідкі прошарки безрудних кварцитів. Горизонтальна потужність – 20-100 м. Нульовий залізистий горизонт складений бідними магнетит-амфіболовими кварцитами з прошарками амфібол-біотитових сланців. Горизонтальна потужність 1-15 м.

Перший сланцевий горизонт представлений кварц-куммінгтонитовими і біотит-куммінгтонитовими сланцями з тонкими прошарками безрудних кварцитів. Горизонтальна потужність 5-100 м.

Перший залізистий горизонт складений магнетитовими, амфібол-магнетитовими, магнетит-амфіболовими і гематит-магнетитовими кварцитами.

До порід висячого боку відносяться кварцити IV підпачки, що складена силікатними кварцитами. Горизонтальна її потужність 5-95 м.

Другий сланцевий горизонт представлений магнетит-амфіболовими, полевошпат-кварц-біотитовими сланцями. Горизонтальна потужність 50-200 м.

Другий залізистий горизонт представлений амфібол-магнетитовими кварцитами з прошарками магнетит-куммінгтонитових сланців. Вміст від 14-19% до 24-29%, від 8-9% до 17%. Кварцити горизонту не оцінені як корисні копалини. Горизонт зрізується Саксаганським насуванням, потужність його не витримана і змінюється



від 102-130 м у південній частині родовища, і до 20-30 м у північній частині.

Породи верхньої світи представлені безрудними кварцитами вуглисто-кварц-біотитовими сланцями з карбонатними породами. Горизонтальна потужність коливається від 8000 м на півдні до 2000 м на півночі.

Кристалічні породи перекриті товщею пухких кайнозойських порід. Потужність осадових порід коливається від 20 до 54 м у середньому складає 36 м. Гравійно-щебеневі породи палеогенового віку, що залягають нижче осадової товщі, представлені уламками корінних порід. Максимальна потужність відкладень 9,5 м.

До неогенових відкладень відносяться (зверху вниз) товща глинистих наносів, із середньою потужністю 6,2 м. червоно-бурі глини неогенчетвертичного віку, із середньою потужністю 7,2 м і сучасними ґрунтами потужністю 0,5 м. Потужність четвертинних відкладень коливається від 8 до 39,5 м, у середньому складає 20,6 м.

Залізисті кварцити продуктивної товщі представлені шароподібним рудним тілом першого залізистого горизонту, середньою горизонтальною потужністю 349 м у південній частині родовища і близько 250 м у північній.

Горизонт витягнутий згідно з загальним простяганням порід. Падіння порід у південній частині Ганнівського родовища – західне під кутом 70-85° (профілі 1-12), між профілями 12-18 східне, під кутом 75-87°, до півночі до 45 профілю падіння на захід з кутами 55-70°, а в поверхні 30-40°. По вмісту заліза горизонт поділяється на лежачу та висячу пачку.

Лежача пачка складена тонкополосчатими джеспелитовими кварцитами переважно родузит-магнетитового, біотито-залізолюдного-магнетитового і магнетит-амфіболового складу.



Усі ці різновиди, крім магнетит-амфіболових кварцитів, не мають визначеного стратиграфічного положення і поступово переходять одна в іншу. Магнетит-амфіболові кварцити розташовуються у висячому боці лежачої пачки. Найбільше широко вони поширенні в південній частині родовища, де потужність їх змінюється від 10-60 м. Далі на північ їхня кількість і потужність різко зменшується і вони не просліджуються як по простяганню так і по падінню.

Кварцити мають полосчату структуру, обумовлену чергуванням рудних, напіврудних і кварцових прошарків. Кількісні співвідношення між прошарками в середньому складають: рудні – 10-15%, напіврудні - 15-20%, кварцові – 30-35%.


Потужність рудних прошарків змінюється від 0,01 до 5 мм, напіврудних від 0,5 до 3,5 мм, кварцових – від 0,8 до 4 мм.

Величина горизонтальної потужності лежачої пачки в південній частині на всьому протязі і на різних рівнях змінюється в межах 62-340 м (у середньому 150-160 м), у північній – від 46 до 180 м (середня 100-110 м)

По простяганню в південній частині родовища потужність змінюється більш різко і на велику величину, що обумовлено поперечними розривними порушеннями, уздовж яких блоки повернені друг щодо друга. Поступові і порівняно невеликі зміни потужності по простяганню в північній частині родовища обумовленні положистою поперечною складчастістю.

По падінню зміни потужності рудного тіла, в основному, найбільші – 20-30 м. Висяча пачка по вмісту заліза розділяється на 4 підпачки. Перша і третя підпачки аналогічні між собою, складені грубослоїстими магнетит-амфіболовими кварцитами з прошарками біотит-гематит-амфіболових сланців. Горизонтальна потужність 7-32 м.

Друга підпачка складена магнетит-амфіболовими кварцитами і майже не відрізняється по речовинному складі від порід I і III підпачок,



але трохи багатіше кількість їхніх рудних шарів і характеризується великим вмістом заліза. Горизонтальна потужність 20-270 м.

Характер зміни горизонтальної потужності по простяганню такої ж, як і для лежачої пачки. У південній частині родовища – більш швидкою і різкою, обумовленою розривною тектонікою, а в північній – поступовий, більш плавний.

У південній частині родовища потужність висячої пачки в середньому ближче до потужності кварцитів лежачої пачки, у північній – потужність її перевищує на всьому протязі потужність кварцитів лежачої пачки.

Зміна потужності залізистих кварцитів висячої пачки по падінню невелика. У верхній частині першого залізистого горизонту кварцити окисленні. Потужність зони окислювання коливається від 10 до 40 м, лише в одному місці складає 160 м. Окисленні кварцити не оцінені як корисна копалина і віднесені до скельного розриву. Ганнівський кар'єр представлений крутоспадним покладом силікатно-магнетитових роговиків першого залізистого горизонту. Від лежачого до висячого боку по хімічному і мінералогічному складах неоднорідний, тому в межах горизонту виділені лежача (продуктивна) пачка і висяча пачка більш бідних кварцитів.

Фізико-механічні властивості порід Ганнівського родовища вказані у табл. 2.2.

Також представлено гранулометричний склад руди, яка відвантажується з кар'єрів Північного ГЗК у табл. 2.3.



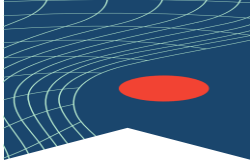
Таблиця 2.2 – Фізико-механічні властивості порід Ганнівського родовища

Проказники				
Вологість, %	Густина, г/см ³	Щільність, г/см ³	Пористість, %	Міцність порід за шкалою Протодьяко нова
3	3,39	3,62	5,8	16-18

Таблиця 2.3 – Гранулометричний склад руди, яка відвантажується з кар'єрів Північного ГЗК

Руда	Вихід, %, класів, мм							
	-200+0	-300+200	-400+300	-500+400	-700+400	-900+700	-1200+900	+1200
Магнетитова	70,4	5,6	7,2	3,3	5,5	3,0	3,0	2,0
Окислена	67,0	8,5	8,7	4,6	5,8	3,2	1,8	0,4

Висновок: Відповідно до будови родовища магнетитові кварцити Першотравневого та Ганнівського родовища мають підвищену міцність до 13-16 одиниць за шкалою професора Протодьяконова. Вміст заліза магнетитового коливається в межах 16,0 – 35,0 %. Середнє значення складає 28,0 – 29,0 %. Руда підрозділяється на легкозбагачувальну до 65,0 % загального об'єму, середньозбагачувальну до 15,0 % і важкозбагачувальну, яка складає до 20,0%. Магнетитова руда тонковкраплена і для отримання високоякісного концентрату понад 66,0 %, необхідно подрібнення до вмісту більше 99,0 % класу -0,056 мм.



РОЗДІЛ 3. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДРОБИЛЬНУ ФАБРИКУ №1

3.1 Принцип роботи дробильної фабрики №1

Дробильна фабрика №1 Північного гірничо-збагачувального комбінату є одним із ключових технологічних підрозділів підприємства, який забезпечує підготовку магнетитових кварцитів до подальшого подрібнення та збагачення. Саме на цій стадії формується гранулометричний склад рудної сировини, що визначає ефективність роботи млинів, магнітних сепараторів і загальні техніко-економічні показники збагачувальної фабрики. Значення дробильної фабрики в загальному виробничому циклі комбінату є визначальним, оскільки будь-які відхилення у роботі дробильного обладнання безпосередньо впливають на продуктивність і стабільність роботи всього підприємства.

Дробильна фабрика №1 призначена для переробки гірничої маси, що надходить з кар'єрів Першотравневого та частково Ганнівського родовищ. Вихідна крупність кусків руди після буро-підривних робіт може досягати 1000–1200 мм, що зумовлює необхідність застосування багатостадійної схеми дроблення. Фабрика працює за класичною чотирістадійною схемою, яка передбачає поетапне зменшення крупності матеріалу з одночасним грохоченням.

На першій та другій стадії дроблення здійснюється первинне дроблення руди до крупності, придатної для транспортування і подальшої обробки. Для цього використовуються дробарки крупного та редуційного дроблення, які приймають матеріал максимальної крупності та забезпечують його зменшення до рівня 250–300 мм..

Третя та четверта стадія дроблення на дробильній фабриці №1 реалізується за допомогою конусних дробарок середнього та мілкового дроблення типу КСД та КМДТ. На третій стадії матеріал зменшується до




крупності орієнтовно 80–85 мм. Дробарки КСД працюють у відкритому циклі з грохотами, що дозволяє відокремлювати готовий продукт заданої крупності та направляти матеріал на дроблення у дробарку КМДТ. Така організація процесу забезпечує стабільний гранулометричний склад продукту другої стадії та знижує навантаження на наступне обладнання.

Четверта стадія дроблення виконується конусними дробарками мілкового дроблення, які забезпечують подальше зменшення крупності матеріалу. На цій стадії формується продукт із середньою крупністю в межах 20–30 мм.

Четверта стадія дроблення є завершальною в межах дробильної фабрики №1 та відіграє особливо важливу роль у формуванні кінцевого продукту, який надходить на подрібнення. На цій стадії встановлені конусні дробарки типу КМД та КМДТ-2200Т, які забезпечують дроблення матеріалу до крупності близько ± 20 мм при регулюванні розвантажувальної щілини в діапазоні 5–8 мм. Робота четвертої стадії безпосередньо визначає крупність живлення млинів першої стадії подрібнення та, відповідно, їхню продуктивність і питомі витрати електроенергії.

Технологічна схема дробильної фабрики №1 побудована з урахуванням високої міцності та абразивності магнетитових кварцитів. Вміст кварцу у руді, а також підвищена твердість і міцність породи обумовлюють значні механічні навантаження на робочі органи дробарок, що потребує регулярного контролю зносу футерівки, конусів і броні. Умови експлуатації дробильного обладнання вимагають використання зносостійких матеріалів, а також ретельного дотримання режимів роботи для запобігання аварійним ситуаціям.

Важливим елементом технологічної схеми дробильної фабрики №1 є система грохочення, яка забезпечує класифікацію матеріалу за крупністю між стадіями дроблення. Грохоти дозволяють ефективно




відокремлювати готові фракції та підвищувати загальну ефективність дробильного процесу.

Аналіз роботи дробильної фабрики №1 показує, що найбільш енергоємними є стадії мілкового дроблення та подальшого подрібнення. Хоча частка дроблення у загальному енергобалансі збагачувальної фабрики є меншою порівняно з подрібненням, саме оптимізація кінцевої крупності дроблення дозволяє суттєво знизити питомі витрати електроенергії на млинах. За даними технічної літератури та виробничих досліджень, зменшення крупності живлення млинів навіть на декілька міліметрів може призвести до зниження енергоспоживання подрібнення на 10–20 % і більше, залежно від властивостей руди та режимів роботи обладнання.

3.2 Обладнання, функціонал та технологічна схема фабрики

Обладнання дробильної фабрики №1, розташоване на висотних позначках у корпусах 1-2, 3-4 стадії дроблення. До даного технологічного обладнання відносять дробарки ККД 1500/180, КРД 700/100, КСД-2200 КМДТ-2200, КМД-220Т6Д, Грохоти ГЦ, стрічкові живильники, система мастила, зумпфи та зумпфові насоси, побутове приміщення в корпусі 3-4 стадії дроблення, приміщення приймача гірничої маси в корпусі 1-2 стадії дроблення.

Дробильна фабрика приймає та дробить магнетитові руди для рудозбагачувальної фабрики №1 до класу крупності 20 мм. Технологічна схема ДФ-1 включає: чотири стадії дроблення та одну грохочення, встановлену перед четвертою стадією дроблення. Всього на фабриці 13 працюючих трактів та дві технологічні черги. Залізна руда транспортується конвеєрами К-1, К-2 на конвеєри М-1, М-2. Через бункера конвеєрів М-1, М-2 надходить на конвеєра відм. +16.000м, проходить через дробарки 3 стадії дроблення, потім дроблення на



дробарках 4 стадії дроблення та потрапляє на конвеєра М-15, М-16. Через перевантажувальні вузли конвеєрів М-15, М-16 надходить на конвеєра О-1, О-2 і далі через конвеєра ВКЗ О-3, О-4, О-5, О-6 подається в бункери звідти на подрібнення до РЗФ-1.

Сам дробильник веде процес крупного, середнього та дрібного дроблення сировини, матеріалів, сухим способом на дробарках, грохочення на грохотах, та усіх системах продуктивністю понад 1500 т/г.

Обслуговує закріплене обладнання фабрики в тому числі: дробарки ККД 1500/180(конусні крупного дроблення); Дробарки КРД 700/100(конусні редуційні); Дробарки КСД і КМДТ(конусні середнього і мілкового дроблення); стрічкових живильників, маслостанції, маслонаноси дробарок, грохоти ГІТ 51, ГІТ52, «Low Head», «RipI Flo»(інерційні важкого типу), пиловловлюючі візки, конвеєри, що живлять дробарки, допоміжне обладнання.

Також він здійснює:

- Спостереження за технічним станом обладнання та його маслоспоживання;
- Огляд і чищення обладнання;
- Прийняття і подавання сигналів, пуск і зупинку дробарок, живильників, конвеєрів що живлять дробарку;
- Регулювання подання води на зрошення, рівномірного завантаження дробарок, продуктивності, зазорів між робочими механізмами дробарок;
- Контроль за якістю сировини, рівномірною вологістю шихти, системою змащування обладнання, системою автоматичного контролю та регулювання;
- Контроль за роботою насосних установок та підтриманню рівня води у зумпфах
- Виконує вимоги Закону України «Про охорону праці» і т.д.

Принципова технологічна схема дроблення на ДФ-1 вказана на рис. 3.1.

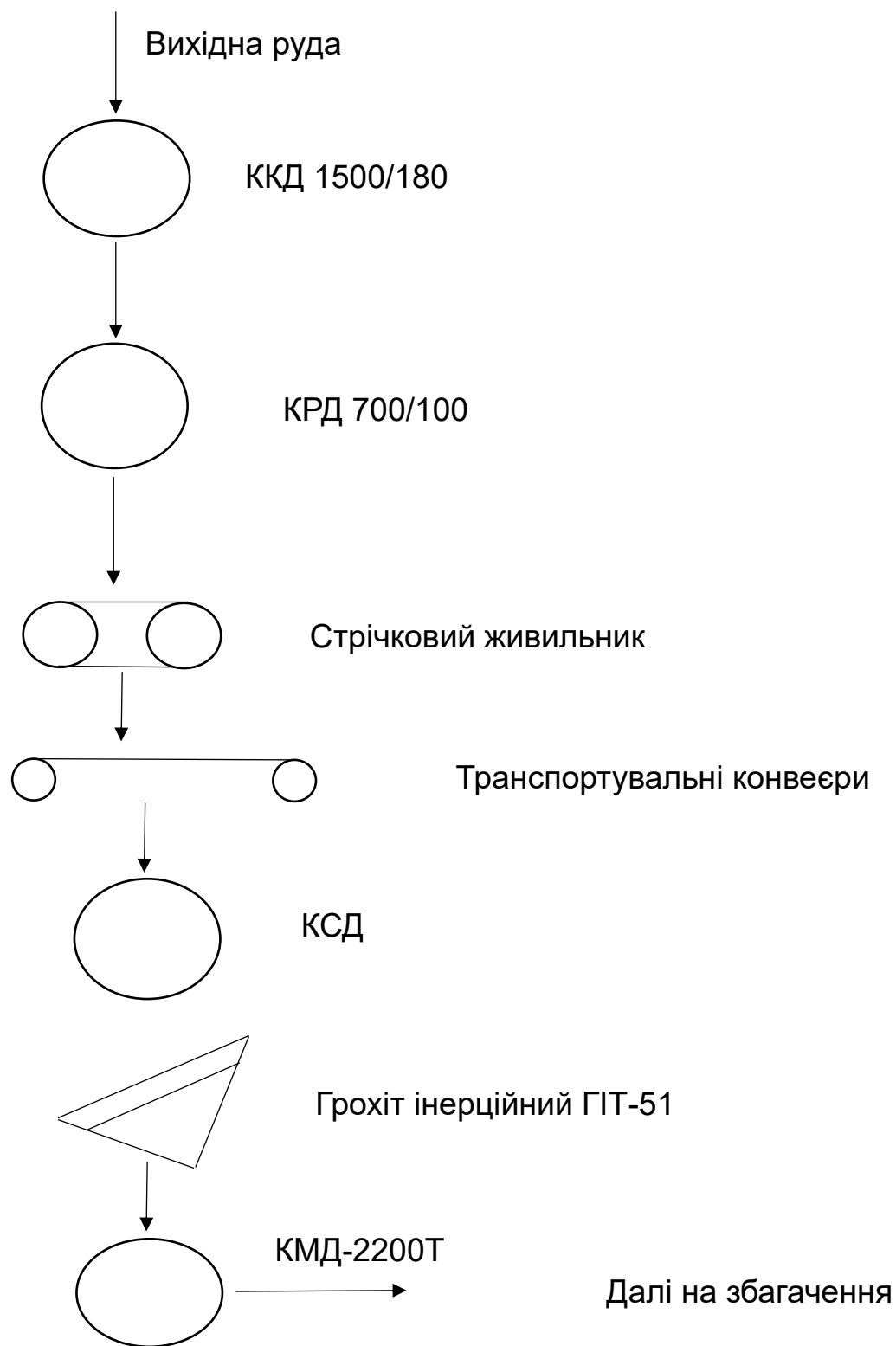
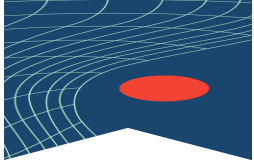


Рисунок 3.1 – Принципова схема дроблення ДФ-1 «Північний ГЗК»



Повний цикл дроблення дробильної фабрики №1 першої та другої черги з повним технологічним обладнанням представлений на рис. 3.2 [4].

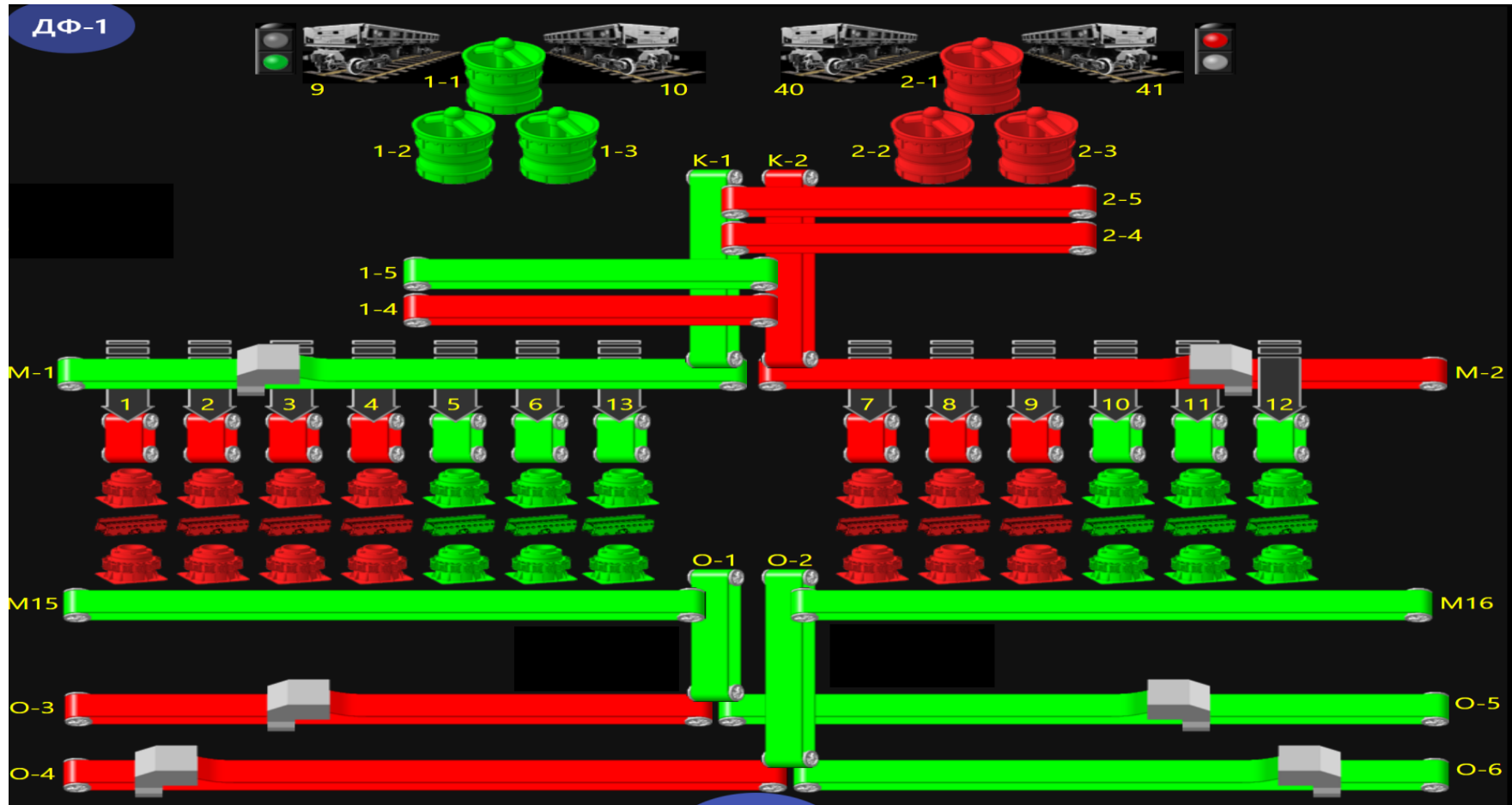
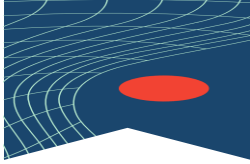


Рисунок 3.2 – Повний цикл дроблення дробильної фабрики №1



3.3 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Фактори виробничого середовища і трудового процесу можуть бути шкідливими і небезпечними. Вплив небезпечного виробничого фактора на організм людини може привести до травм або іншого раптового погіршення здоров'я, вплив шкідливих виробничих факторів може призвести до виникнення професійного захворювання.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори за природою дії поділяються на 4 групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні.

При пересуванні і в процесі виконання робіт на Дробильній фабриці №1, на людину можуть впливати такі основні небезпечні виробничі фактори:

- Роботи біля рухомих і обертових частин механізмів;
- Ураження електричним струмом;
- Падіння працівника на поверхні та з висоти;
- Травмування інструментом ударної дії;
- Недостатнє освітлення робочої зони;
- Слизька поверхня і нерівності підлоги;
- Наїзд залізничного транспорту, що рухається;
- Падіння працівника в приймальну воронку дробарки;
- Обвалення руди на працівника;
- Травмування при стропуванні, падіння гака і негабаритного шматка з висоти;
- Травмування при ошуровці приймальної воронки дробарки;
- Мимовільний запуск обладнання тощо.

А також шкідливі виробничі фактори: Пил, шум, мікроклімат, важкість праці, робоча поза, напруженість праці.




3.4 Безпека технологічних процесів дроблення

Безпека технологічних процесів на ПрАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат», зокрема у підрозділі дробильної фабрики №1, ґрунтується на комплексній системі заходів, спрямованих на попередження виробничих травм, професійних захворювань та надзвичайних ситуацій, що можуть виникати під час видобутку, транспортування, дроблення та первинного збагачення магнетитових кварцитів. Виробниче середовище дробильних фабрик належить до підвищено небезпечних, оскільки характеризується наявністю пилу, шуму, вібрацій, рухомих механізмів, високим навантаженням на електрообладнання та значною масою транспортованої руди. Тому безпека технологічних процесів реалізується через інженерні, організаційні, санітарно-гігієнічні та технічні заходи.

Основними небезпечними факторами під час роботи дробильної фабрики є: рухомі частини дробарок, конвеєрні стрічки, вібраційні грохоти, високий рівень шуму (до 95–110 дБ у зоні дробарок), пиловидалення під час пересипів матеріалу, можливість обриву стрічки або падіння кусків руди, що перевищують допустимі розміри. Для мінімізації цих ризиків обладнання оснащено захисними кожухами, блокуванням, аварійними вимикачами, автоматичними системами контролю температури підшипників, навантаження електродвигунів, тиску мастила та вібрації. На кожній конвеєрній лінії встановлені троси аварійної зупинки, що дозволяють миттєво припинити подачу руди у випадку виникнення небезпеки.

Одним із ключових напрямів підвищення безпеки є аспірація та пилопоглинання. На перевантажувальних вузлах конвеєрів, у зонах дробарок та грохотів працюють системи місцевого відсмоктування пилу та зрошення водою, що дозволяє зменшувати концентрацію пилу у повітрі до рівнів, що не перевищують гранично допустимі концентрації



згідно з ДСП 201-97. Для контролю повітряного середовища проводяться регулярні вимірювання пилу, газів, вологості та мікрокліматичних параметрів. У приміщеннях передбачена природна та механічна вентиляція, а працівники забезпечуються індивідуальними засобами захисту – респіраторами, захисними окулярами, касками, навушниками та антивібраційними рукавицями.

Значну увагу приділено електробезпеці, оскільки на фабриці експлуатується велика кількість потужних електродвигунів (до 6000В на дробарках та 380 В на грохотах). Усі електроустановки заземлені, обладнані пристроями автоматичного вимкнення при пошкодженні ізоляції, а шафи керування відокремлені від робочих зон, доступ до них дозволений лише електротехнічному персоналу. Регулярно проводяться випробування електрообладнання, вимірювання опору ізоляції та огляди стану кабельної продукції. Працівники проходять навчання та перевірку знань з електробезпеки з присвоєнням відповідної групи допуску.

У процесі дроблення існує небезпека механічних травм – потрапляння кінцівок до рухомих вузлів, падіння працівника з висоти під час обслуговування обладнання, небезпека викиду кусків руди з приймальних бункерів. Тому обладнання розміщене у захищених зонах, має огорожувальні конструкції, а доступ до внутрішніх вузлів можливий лише після повної зупинки механізмів, відключення від мережі та виконання заходів «lock-out/tag-out» – блокування пускових пристроїв і вивішування попереджувальних табличок. Для роботи на висоті застосовуються страхувальні системи, платформ-підйомники, а періодичні огляди обладнання входять до обов'язкових функцій чергового механіка.

Важливим компонентом безпеки технологічних процесів є протипожежний захист, оскільки на підприємстві присутні пил, мастильні матеріали та висока температура підшипників. На території фабрики




розташовані пожежні крани, порошкові та вуглекислотні вогнегасники, встановлені системи оповіщення та автоматичні датчики температури в електрошкафах. Проводяться навчальні тренування щодо евакуації та вже існують чітко промарковані маршрути виходу з виробничих приміщень. Персонал проходить щорічний інструктаж з пожежної безпеки, включаючи практичні навички використання вогнегасників.

Не менш важливою складовою є організаційна безпека, яка включає інструктажі, періодичні медичні огляди працівників, контроль за дотриманням режимів праці та відпочинку, попередження перевтоми персоналу під час роботи з важким обладнанням. До роботи допускаються лише особи, що пройшли відповідне навчання, медичний огляд і мають підтверджені знання з охорони праці.

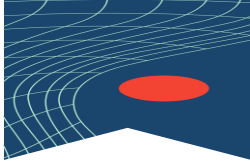
У рамках системи безпеки також функціонують заходи щодо попередження аварій і надзвичайних ситуацій. На підприємстві розроблені і впроваджені плани локалізації та ліквідації аварійних ситуацій, де передбачені дії у випадку обриву конвеєрів, аварії дробарки, пожежі, раптового знеструмлення, руйнування конструкцій або виходу з ладу мастильної системи. Всі працівники ознайомлені зі своїми функціями у складі аварійно-рятувальних груп, а підрозділ цивільного захисту комбінату забезпечений спецобладнанням для евакуації, гасіння пожеж і локалізації аварій. Також у промисловій зоні підприємства існує повністю обладнане і перевірене бобмбосховище. В наших реаліях – це одне з найважливіших і передових місць укриття від ворожих атак персоналу.

Комплекс усіх зазначених заходів дозволяє підтримувати стабільний та безпечний технологічний процес на дробильній фабриці №1, мінімізувати ризики для персоналу, забезпечувати надійну роботу обладнання та своєчасно попереджати аварійні ситуації. Високий рівень автоматизації, контроль стану вузлів дробарок, застосування сучасних засобів індивідуального захисту та систем аспірації забезпечують



виконання підприємством вимог законодавства України у сфері охорони праці, промислової безпеки та екології.

Висновок: Схема дроблення ПрАТ Північний ГЗК має чотири стадії (*дві стадії крупного дроблення та одна стадія середнього та мілкового дроблення*). На всіх стадіях використовуються конусні дробарки відповідного розміру. Кінцевий продукт дроблення містить до 10,0 % частинок більше 20 мм.



РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМИ ПІДГОТОВКИ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ

4.1 Теорія модернізації процесу підготовки сировини

Відомо, що на гірничозбагачувальних залізорудних комбінатах на операції дроблення та подрібнення витрачається 80-85% енерговитрат від загальної їх суми, що припадає на збагачення.

На сьогоднішній день на ГЗК Кривбасу використовують 4 стадіальні схеми дроблення, які включають: дві стадії крупного дроблення із застосуванням конусних дробарок типу ККД та КРД, стадії середнього дроблення – КСД, та дрібного дроблення – КМД. Кінцева крупність продуктів дроблення складає 90-92% менше 20 мм. Питомі витрати електроенергії на дроблення складають від 1,9 кВт год/т до 2,2 кВт год/т.

На ГЗК Кривбасу застосовують трьох та чотирьох стадіальні схеми подрібнення. Крупність матеріалу в останніх стадіях для повного розкриття тонковкрапленої руди становить 95...98% класу менше 0,056 мм. Питомі витрати електроенергії при використанні трьох стадіальних схем подрібнення складають від 15-21 кВт год/т, а при застосуванні чотирьох стадіальних вони зростають. Як бачимо енерговитрати на подрібнення у 7-9 разів вище, ніж на дроблення, тому зменшення крупності кінцевого продукту дроблення до 3-5 мм може дати суттєвий економічний ефект.

Застосування нових високоефективних конусних дробарок фірм Metso (Фінляндія), Sandvik (Швеція), Terex, Telsmith (США), Symons, Торпу (Китай) та інш. дозволить на 4...7% скоротити витрати на дроблення, але кардинально не вирішить питання. Крім того, заміна існуючого парку дробарок вимагає великих інвестицій.



Для зменшення крупності матеріалу, що направляється на подрібнення можливе застосування дробарок ударної дії Metso Barmac (VSI), CONSTMACH VSI, Тайфун та ін.. Але після технічного аналізу обладнання було виявлено ряд можливих недоліків експлуатації. Обмежений максимальний розмір завантаження початкової руди (≤ 50 - 65 мм), а тому їх використання в III стадії дроблення при крупності матеріалу -100 мм практично неможливе.

Використання таких типів дробарок при дробленні продукту КМД, показали недостатній економічний ефект, а саме незначне зниження крупності (в початковому продукті вміст класу $+20$ мм складав $12\ldots 14\%$, в дробленому – $4\ldots 5\%$).

До того ж дробарки ударної дії мають великий знос футерувального матеріалу, колосникових сит та робочих органів при дробленні матеріалу до такої крупності.

Тому розроблено такий підхід, це застосування валкових пресів високого тиску (ВПВТ), які можуть продемонструвати високу ефективність із підготовки магнетитових кварцитів. Технічні характеристики ВПВТ можуть забезпечити стабільну роботу при подачі матеріалу після КМД -30 мм та забезпечити задану продуктивність. На відміну від конусних дробарок в яких механізм руйнування породи відбувається за рахунок роздавлювання та сколювання, у валкових пресах високого тиску відбувається руйнування у шарі матеріалу лише за рахунок роздавлювання руди, що ущільнюється під тиском і дає ефект рівномірного розподілу напружень у всьому об'єму матеріалу та інтенсивного мікророзстріскування зі зниження міцності перед подрібненням.



4.2 Конструкція та принцип дії валкового персу високого тиску

Загалом обладнання являє собою валкову дробарку. Робочими органами є два вали, один з яких є плаваючим, а другий жорстко закріплений. Кожен вал футерується бандажем, який безпосередньо контактує з подрібнюваною сировиною. Гідравлічна система контролює питомі зусилля стиснення в робочому зазорі між валками за рахунок тиску на рухомий елемент.

Машина завжди працює під завалом: для стабільного подрібнення над валками необхідно підтримувати більш-менш постійний рівень матеріалу. Для виконання цієї умови більшість виробників оснащують обладнання бункером. Валковий прес високого тиску (ВПВТ) має низку переваг, які відрізняють його від інших технологій рудопідготовки.

Суть полягає в тому, що внаслідок стиснення частинки набувають так званої мікротріщинуватості, у результаті чого матеріал стає більш розущільненим, що спрощує його подальшу переробку на наступних етапах, наприклад, під час подрібнення, магнітної сепарації, а також флотації. Якщо після ролер-преса руда надходить на сорбцію або вилуговування, мікротріщини також позитивно впливають на результати збагачення: реагентам легше досягти корисного компонента.

Загальна конструкція валкового пресу високого тиску представлена на рис. 4.1.

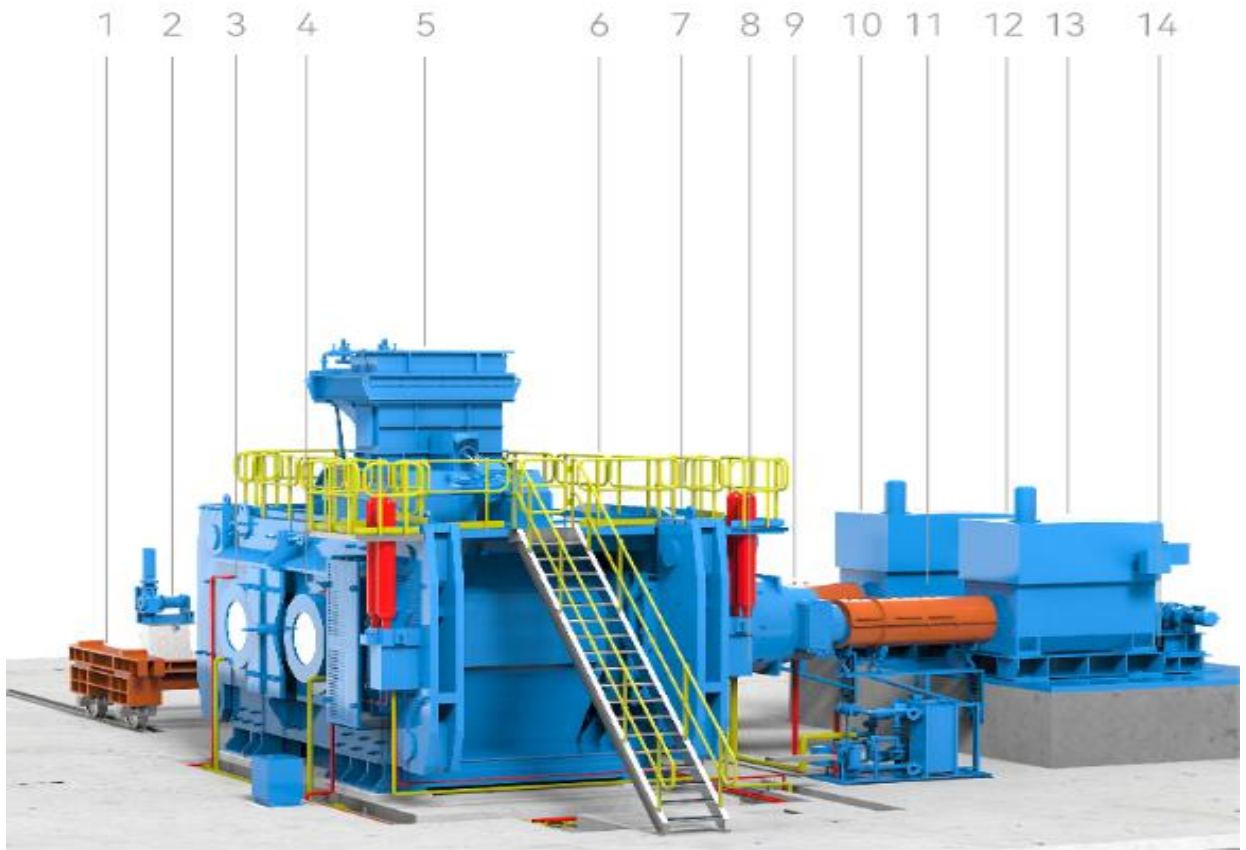


Рисунок 4.1. – Загальна конструкція валкового пресу високого тиску: 1 – обслуговуваний візок(опціонально); 2 – лебідкова система(опціонально); 3 – нерухомий валковий вузол; 4 – плаваючий валковий вузол; 5 – завантажувальний бункер; 6 – захисні поручні для обслуговування; 7 – основна рама; 8 – опора крутного моменту; 9 – редуктор; 10 – система змащування редуктора; 11 – універсальна муфта та захисний кожух; 12 – гідравлічна система; 13 – головний електродвигун; 14 – фундамент електродвигуна.

Конструкція ВПВТ забезпечує дуже високий тиск на матеріал, що подається в міжвалковий простір. Тут відбувається механічне руйнування частинок незалежно від їхнього розміру. Цей принцип називають дробленням у шарі матеріалу. Завдяки цьому підвищується ефективність процесу та зменшується знос самих валків.



4.3 Обґрунтування та вибір місця застосування валкового пресу високого тиску в технологічній схемі

Спочатку, у 1980-х роках, ВПВТ застосовували в цементній промисловості. Згодом їх упровадили й у алмазодобувній галузі, де оцінили можливість тоншого дроблення без пошкодження дорогоцінного каміння. У 1990-х роках обладнання почали активно застосовувати на залізорудних фабриках, зокрема для підготовки концентратів до окомкування. У 2006 році ролер-преси вперше стали частиною глобального проекту на фабриці з переробки твердої мідної руди. Сьогодні ВПВТ активно застосовують для переробки більшості типів руд, твердих залізних руд та у тому числі золотовмісних і поліметалічних.

Ще один варіант, який також можна вважати типовим – це застосування ролер-преса на четвертій стадії дроблення або після неї. Нерідко таку схему реалізують уже діючі фабрики, які прагнуть підвищити продуктивність. Упровадження ВПВТ дає змогу зменшити крупність живлення кульових млинів, збільшити вміст тонких класів, що надходять на подрібнення, а також забезпечити розуцільнення породи, про яке йшлося вище.

Завдяки такій модернізації можна досягти зростання продуктивності на 10–15 %. Тобто ролер-преси цілком можуть ефективно працювати спільно з барабанними млинами.

Крім того, перспективним напрямом є використання комбінації валкового пресу високого тиску з млином самоподрібнення для дроблення кускової руди. Ці види обладнання не обов'язково конкурують між собою, а навпаки, вони можуть успішно доповнювати одне одного. Реалізація такої схеми дає змогу істотно підвищити та стабілізувати продуктивність усього технологічного ланцюга за рахунок



переведення млина у відкритий цикл, причому особливо ефективною така схема є для руд з високою варіативністю властивостей.


Відзначається зростання популярності ВПВТ на залізорудних фабриках під час підготовки магнетитових концентратів до виготовлення обкотишів. Ролер-прес сприяє збільшенню площі відкритої поверхні матеріалу: чим вона більша, тим якісніші та міцніші окатиші отримає підприємство. Їх легше транспортувати завдяки зменшенню пилоутворення.

Перспективним напрямом застосування валків високого тиску є їх упровадження в технології сухого подрібнення сировини в замкнених циклах з повітряною класифікацією. Цю технологію галузеві експерти прагнуть використовувати в регіонах із дефіцитом водних ресурсів. Цікавим прикладом є велика залізорудна фабрика «Fortescue Iron Bridge» в Австралії це одне з небагатьох підприємств такого масштабу, яке взагалі працює без барабанних млинів.

Нині фабрика перебуває на етапі пусконаладжувальних робіт, і не все відбувається без ускладнень: виявилися нюанси, які складно було передбачити на стадії проектування. Вони пов'язані з утворенням ранкової роси на складі крупно дробленої руди. Проте фахівці вже працюють над усуненням цих непередбачених труднощів.

Крім того, валковий прес високого тиску можна поєднувати з вертикальними млинами: така схема дає змогу знизити загальне енергоспоживання та вплив на довкілля. Нині великий залізорудний проект в Індії реалізує компанія «Lloyd Metals», яка планує застосувати саме таку схему, оскільки вона, порівняно з класичним варіантом із барабанними млинами, дозволяє суттєво скоротити енергетичні витрати.

Фахівці галузі по всьому світу уважно спостерігають за впровадженням та реалізацією проекту встановлення ВПВТ у



технологічних схемах, щоб оцінити ефекти енергозбереження та збільшення продуктивності від такої технології.

Приведено графік залежності відносної продуктивності млинів першої стадії від крупності руди при вмісту класу 0,056 мм.

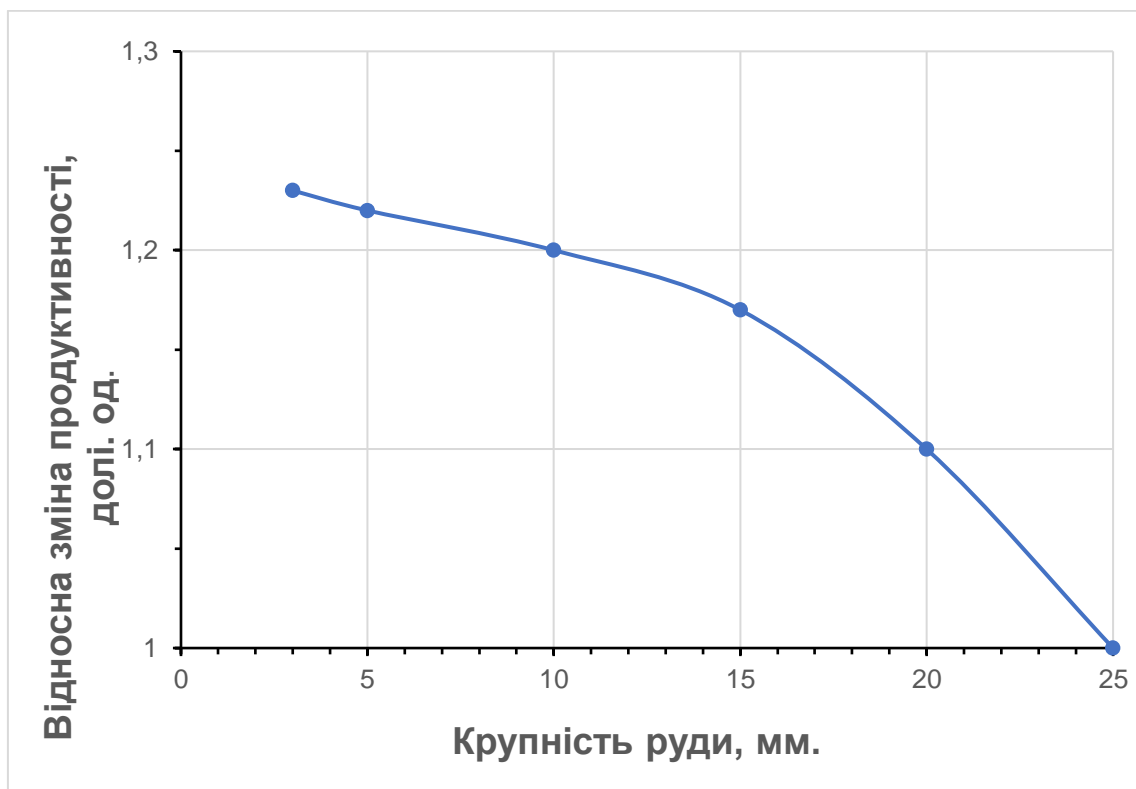


Рисунок 4.2. – Графік залежності відносної зміни продуктивності від крупності руди

Як видно з цього графіку залежності що при зміні крупності руди до 5 мм. продуктивність млина у першій стадії подрібнення може зрости до 22 %.

4.4 Вибір типу обладнання валкового пресу високого тиску та розрахунок технологічних параметрів в умовах дробильної фабрики №1 на «Північному ГЗК»

Продуктивність одного технологічного тракту в умовах Північного ГЗК складає у середньому 450 т/год (пікове навантаження складає

520 т/год.). Таким чином при виборі та розрахунку ВПВТ будемо орієнтуватися на вказані параметри, а саме: продуктивність валкового пресу не менше 450 т/год., а крупність продукту дроблення – 5 мм.

В першу чергу виконаємо розрахунок зазору між валками для отримання продукту дроблення менше 5 мм. Типові криві валкових дробарок наведені в багатьох джерелах технічної літератури із дроблення [9, 10], з яких видно, що для отримання продукту менше заявленого розміру зазор між валками потрібно зменшити на коефіцієнт закрупнення. Типова характеристика дроблення валкових дробарок наведена на рис. 4.3.

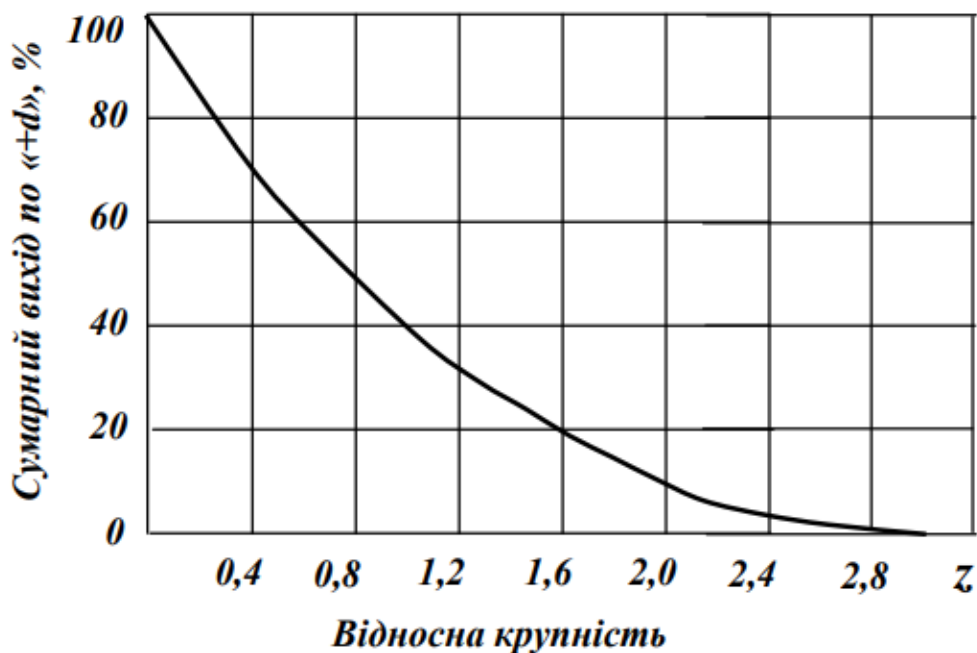



Рисунок 4.3. – Типова характеристика крупності дробленого продукту валкової дробарки з гладкими валками

На типовій характеристиці по осі абсцис відкладено відносну крупність зерен z (в частках максимальної ширини розвантажувальної щілини), а по осі ординат сумарний вихід класів по «+d». Таким чином, коефіцієнт закрупнення для валкових дробарок згідно її типової



характеристики складає 3,0. Відповідно до цього для отримання продукту менше 5 мм необхідно мати зазор між валками рівний $\approx 1,5$ мм.

При використанні зазору між валками 1,5 мм згідно типової характеристики (рис 4.3.), максимальний розмір частинок в продукті дроблення буде складати:

$$D_{max} = s \cdot z = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ мм}, \quad (4.4.1)$$

де s – ширина щілини між валками, мм; z – коефіцієнт закругнення.

Як бачимо відпадає необхідність контролювати розмір частинок після використання валкових пресів високого тиску з використанням операції грохочення.

Масову продуктивність валкового пресу високого тиску розрахуємо за даною формулою:

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot n \cdot s \cdot l \cdot D \cdot k \cdot \delta, \text{ т/год} \quad (4.4.2)$$

де s – ширина щілини між валками, м; D і l – діаметр і довжина валків, м; k – коефіцієнт розпушення дробленого продукту при виході з дробарки ($k = 0,1 - 0,3$); δ – густина вихідного матеріалу, т/м³; n – частота обертання валків, хв⁻¹.

Але відмінність валкових дробарок від валкових дробарок високого тиску полягає в першу чергу в тому, що останні працюють під завалом. В той час як перші при відкритій подачі живлення. А тому постає питання у визначенні значення коефіцієнта k для умов роботи ВПВТ. Із технічної літератури [11] відомо, що при роботі валкового пресу діаметром 1,5 м зазори 1,5 мм при ширині валка 0,6 м швидкості обертання 19 об/хв, щільності матеріалу 2900 кг/м³ отримали продуктивність 400 т/год.

Звідки тоді можна визначити коефіцієнт k , як:

$$k = \frac{Q}{60 \cdot \pi \cdot n \cdot s \cdot l \cdot D \cdot \delta}, \quad (4.4.3)$$

Підставимо дані та отримаємо:

$$k = \frac{400}{60 \cdot 3,14 \cdot 19 \cdot 1,5 \cdot 0,6 \cdot 1,5 \cdot 2,9} = 0,03$$



При виборі валкового пресу високого тиску вважають, що діаметр валка повинен бути у 20 разів більше діаметра максимальної грудки матеріалу, що дробиться. А тому згідно наших умов, діаметр валка повинен дорівнювати:

$$D = d \cdot 20 = 30 \cdot 20 = 600 \text{ мм}$$

Таким чином діаметр валкового пресу повинен бути не менше ніж 600 мм.

Технічна характеристика основних обраних типів валкових пресів високого тиску приведена у табл. 4.1.

Таблиця 4.1. – Технічна характеристика валкових пресів високого тиску

Виробник	Модель	Діаметр валка, мм	Довжина валка, мм	Частота обертання валків, об/хв ⁻¹	Макс. крупність, мм	Продуктивність, т/год	Потужність, кВт	Продукт дроблення, мм
Metso Outotec	HRC 1200	1200	750-1200	21	25–30	200-400	2×315–400	4–6
Köeppen	7-10/220	710	750-1000	15	25–32	150-350	2×355	4–8
ThyssenKrupp	Polycorn 12/8	800	1200	18	25	200-450	2×280–350	4–6
CITIC	HPGR 120-80	800	1200	15-25	30	150-500	2×375	4–8
Lee Jun	CLM150	1500	600-1200	19	35	400-900	2×450-900	4-6

Розрахуємо продуктивність валкового пресу високого тиску по кожній з моделей для заданих умов:

Metso Outotec:

$$Q = 60 \cdot 3,14 \cdot 21 \cdot 1,5 \cdot 0,75 \cdot 1,2 \cdot 0,03 \cdot 3,2 = 820,4 \text{ т/год}$$

Köeppen:

$$Q = 60 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 0,71 \cdot 1,0 \cdot 0,03 \cdot 3,2 = 288,93 \text{ т/год}$$



ThyssenKrupp:

$$Q = 60 \cdot 3,14 \cdot 18 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,03 \cdot 3,2 = 468,8 \text{ т/год}$$

CITIC:

$$Q = 60 \cdot 3,14 \cdot 21 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,03 \cdot 3,2 = 546,93 \text{ т/год}$$

Lee Jun:

$$Q = 60 \cdot 3,14 \cdot 21 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 0,03 \cdot 3,2 = 927,83 \text{ т/год}$$

На фабриці дроблення ПрАТ Північний ГЗК використовується 13 трактів середнього та дрібного дроблення, які мають середню продуктивність 450–480 т/год.

Виходячи з виконаних розрахунків та враховуючи що коефіцієнт нерівномірності завантаження повинен складати 1,1–1,2, то із розглянутих валкових пресів високого тиску найбільш вдалим є використання моделі CITIC HPGR 120-80 (Китай), який здатний забезпечити максимальну продуктивність 547 т/год.

4.5. Оцінка зменшення енерговитрат в циклі дроблення та подрібнення

Для оцінки енергетичної ефективності впровадження валкового пресу високого тиску у технологічну схему була використана класична формула Бонда, для розрахунку питомих енерговитрат на дроблення та подрібнення:

$$E = 10 \cdot W_i \left(\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right), \text{ кВт} \cdot \text{год/т}, \quad (4.5.1)$$

де 10 – це множник, для переведення результату у кВт · год/т; W_i – індекс роботи Бонда (для магнетитових кварцитів – 14 кВт · год/т); $\sqrt{P_{80}}$ – крупність 80% вихідної сировини, мм; $\sqrt{F_{80}}$ – крупність 80% продукту після дроблення або подрібнення, мм.



Для порівняння розрахуємо витрати електроенергії за формулою Бонда для створення нових поверхонь під час руйнування частинок для КМДТ та для ВПВТ.

Отже, витрати електроенергії для дроблення магнетитових кварцитів на конусній дробарці мілкого дроблення буде розраховано як:

$$E_{\text{КМДТ}} = 10 \cdot 14 \left(\frac{1}{\sqrt{30}} - \frac{1}{\sqrt{80}} \right) = 9,908, \text{кВт} \cdot \text{год/т}$$

Так само розрахуємо для модернізованої схеми за участі валкового пресу високого тиску:

$$E_{\text{ВПВТ}} = 10 \cdot 14 \left(\frac{1}{\sqrt{5}} - \frac{1}{\sqrt{30}} \right) = 37,05, \text{кВт} \cdot \text{год/т}$$

У зв'язку з формуванням мікротріщин у матеріалі при руйнуванні в шарі ущільнення під дією валкових пресів високого тиску ефективний індекс роботи Бонда для подальшого подрібнення зменшується. Для розрахунків приймаємо зниження індексу Бонда на 10%, що відповідає промисловим даним експлуатації ВПВТ.

Якщо базовий індекс буде дорівнювати для магнетитових кварцитів – 14 кВт·год/т, то ефективний індекс після застосування ВПВТ розрахуємо як:


$$W_{i\text{ефек.}} = W_i \cdot \left(\frac{1 - W}{100} \right), \text{кВт} \cdot \text{год/т}, \quad (4.5.2)$$

де W_i – індекс роботи Бонда, кВт·год/т; W – відсоток зниження робочого індексу міцності руди за Бондом, %.

Підставимо значення та отримаємо:

$$W_{i\text{ефек.}} = 14 \cdot \left(\frac{1 - 10}{100} \right) = 12,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

Розрахуємо витрати електроенергії млина у першій стадії подрібнення. Спочатку прорахуємо з крупністю руди, яка буде надходити з четвертої стадії дроблення КМДТ за вже відомим рівнянням



Бонда. Крупність продукту подрібнення в першій стадії подрібнення прийmemo 1 мм:

$$E_{\text{млин1}} = 10 \cdot 14 \left(\frac{1}{\sqrt{1}} - \frac{1}{\sqrt{30}} \right) = 114,44 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

Аналогічно розрахуємо витрати електроенергії, тільки із застосування валкового пресу високого тиску після четвертої стадії дроблення і ефективним індексом зниження роботи за Бондом:

$$E_{\text{млин2}} = 10 \cdot 12,6 \left(\frac{1}{\sqrt{1}} - \frac{1}{\sqrt{5}} \right) = 69,65 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

Одразу можемо розрахувати сумарні енерговитрати існуючої схеми дроблення та подрібнення та модернізованої з використанням валкового пресу високого тиску:

$$E_{\text{існ.}} = E_{\text{КМДТ}} + E_{\text{млин1}}, \text{ кВт} \cdot \text{год/т}, \quad (4.5.3)$$

$$E_{\text{модерн.}} = E_{\text{КМДТ}} + E_{\text{ВПВТ}} + E_{\text{млин2}}, \text{ кВт} \cdot \text{год/т}, \quad (4.5.4)$$

Підставимо значення у вирази:

$$E_{\text{існ.}} = 9,908 + 114,44 = 124,35 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

$$E_{\text{модерн.}} = 9,908 + 37,05 + 69,65 = 116,61, \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$$

Тепер коли у нас є всі дані по енерговитратам по кожній із схем підготовки магнетитових кварцитів, можемо розрахувати відносну економію енергії за відомою формулою:

$$\eta = \frac{E_{\text{існ.}} - E_{\text{модерн.}}}{E_{\text{існ.}}} \cdot 100, \%, \quad (4.5.5)$$

Розраховуємо вираз:

$$\eta = \frac{124,35 - 116,61}{124,35} \cdot 100 = 6,22 \%$$

Як ми бачимо, що за результатами розрахунків із впровадженням валкового пресу високого тиску після четвертої стадії дроблення забезпечує сумарне зниження питомих енерговитрат на підготовку магнетитових кварцитів на 6,22 %.

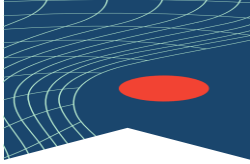


Висновок: Згідно технічної літератури [5, 9] загальні витрати на дроблення у 7-9 разів менше ніж на подрібнення, а тому зменшення крупності кінцевого продукту дроблення повинно зменшити загальні витрати в циклі дроблення-подрібнення

Для отримання матеріалу менше 5 мм використовуються молоткові і роторні дробарки ударної дії «камінь об камінь» та валкові преси високого тиску. Як показав виконаний аналіз, перспективним є варіант використання ВПВТ. У першому випадку неможливе використання, тому що існує великий знос колосникових сит і футерувального матеріалу робочих органів дробарки. Суттєвий фактор – це наявність низького коефіцієнту дроблення і неможливістю отримати задану крупність матеріалу.

Застосування валкових пресів високого тиску із зазором між валками 1,5 мм, дозволить отримати подрібнений продукт менше 5 мм, що дозволяє не застосовувати в останній стадії дроблення замкнених циклів.

Використання валкових пресів високого тиску дозволить забезпечити сумарне зниження витрат електроенергії в циклі дроблення та подрібнення на 6,2 %.



ВИСНОВКИ

Відповідно до будови родовища магнетитові кварцити Першотравневого та Ганнівського родовища мають підвищену міцність до 13-16 одиниць за шкалою професора Протодьяконова. Вміст заліза магнетитового коливається в межах 16,0 – 35,0 %. Середнє значення складає 28,0 – 29,0 %.

Руда підрозділяється на легкозбагачувальну до 65,0 % загального об'єму, середньозбагачувальну до 15,0 % і важкозбагачувальну, яка складає до 20,0%. Магнетитова руда тонковкраплена і для отримання високоякісного концентрату понад 66,0 %, необхідно подрібнення до вмісту більше 99,0 % класу -0,056 мм.

Схема дроблення ПрАТ Північний ГЗК має чотири стадії (*дві стадії крупного дроблення та одна стадія середнього та мілкового дроблення*). На всіх стадіях використовуються конусні дробарки відповідно розміру. Кінцевий продукт дроблення містить до 10,0 % частинок більше 20,0 мм.

Згідно технічної літератури [5, 9] загальні витрати на дроблення у 7-9 разів менше ніж на подрібнення, а тому зменшення крупності кінцевого продукту дроблення повинно зменшити загальні витрати в циклі дроблення-подрібнення

Для отримання матеріалу менше 5 мм використовуються молоткові і роторні дробарки ударної дії «камінь об камінь» та валкові преси високого тиску. Як показав виконаний аналіз, перспективним є варіант використання ВПВТ. У першому випадку неможливе використання, тому що існує великий знос колосникових сит і футерувального матеріалу робочих органів дробарки. Суттєвий фактор - це наявність низького коефіцієнту дроблення і неможливістю отримати задану крупність матеріалу.




Застосування валкових пресів високого тиску із зазором між валками 1,5 мм, дозволить отримати подрібнений продукт менше 5 мм, що дозволяє не застосовувати в останній стадії дроблення замкнених циклів.

Використання валкових пресів високого тиску дозволить забезпечити сумарне зниження витрат електроенергії в циклі дроблення та подрібнення на 6,2 %.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Журавльов В.М. Звіт з передатестаційної практики на Північному ГЗК : матеріали наук.-практ., м. Запоріжжя, 05 груд. 2025 р. / ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ» «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025 р.
2. Звіт Північного ГЗК по сировинній базі. Технічна документація / уклад.: ПрАТ «Північний ГЗК». Кривий Ріг.
3. Довбуш Т.І. Залізорудні родовища України. Львів: ЛНУ, 1999.
4. Інструкція з ОП та ПБ для дробильника / уклад.: ПрАТ «Північний ГЗК». Кривий Ріг, 2023.
5. Шинкорено С.Ф.. Посібник по збагаченню руд чорних металів : друге видання, М.: «Недра», 1980 р.
6. Журавльов В.М., Левченко К.А. Удосконалення схеми підготовки магнетитових кварцитів Кривбасу : наукова конференція *Start in Science*: тези доп., 12 груд. 2025 р. / ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ» «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»: збірник тез і анотацій наукових доповідей. Одеса:Олді+. 2025. С 102-104
7. HPGR або Валковий прес високого тиску. *Добувана промисловість*. URL: <https://dprom.kz/goryachie-stranitsy/hpgr-ili-valkovyj-press-vysokogo-davleniya-konkurent-barabannym-melnitsam/> (дата звернення: 18.12.2025).
8. Сокур М.І., Арат Р.Г., Білецький В.С., Равінська В. Вибір раціональної принципової схеми збагачення залізистих кварцитів. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Кременчук: КрНУ, 2022. Випуск 1 (132). С. 149 - 155. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/a9038d2a-6779-4b27-99a9-9c92a746498c/content> (дата звернення: 25.12.2025)
9. Білецький В.С. Техніка та технологія збагачення корисних копалин : Частина 1. Підготовчі процеси. Кривий Ріг: ФОП Чернявський Д.О.



2019. 200 с. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/3ac43514-3887-436f-99b4-c0566258d799/content> (дата звернення: 30.12.2025)

10. Смірнов В.О., Білецький В.С. Підготовчі процеси збагачення корисних копалин : навч. посіб. Донецьк: Східний видавничий дім. 2012. 286 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/332834192_Smirnov_VO_Bileckij_VS_Pidgotovci_procesi_zbagacenna_korisnih_kopalin_navcalnij_posibnik_-_Doneck_Shidnij_vidavnicij_dim_Donecke_viddilenna_NTS_2012_-_286_s (дата звернення: 01.01.2026)
11. Подрібнюючі валки високого тиску. HPGR/HPGR Pro. URL: <https://media.ffycdn.net/eu/flsmidth/VpYGmRSRXFAiPc5tQa2q.pdf> (дата звернення: 02.01.2025)
12. Методичні рекомендації до підготовки та захисту кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-професійною програмою «Технології збагачення корисних копалин» другого (магістерського) рівня спеціальності 184 Гірництво / Уклад. Левченко К.А., Младецький І.К., Кушнірук Н.В., Глуховеря М.Р. Запоріжжя, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 49 с.