

**Кваліфікаційна робота  
допущена до захисту**  
Гарант освітньої програми  
«Збагачення корисних копалин»

\_\_\_\_\_ Костянтин ЛЕВЧЕНКО

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
за підсумками виконання освітньо-професійної програми  
«Збагачення корисних копалин»  
за спеціальністю 184 Гірництво

**На тему «Аналіз технологічної схеми  
збагачення АТ «Південний ГЗК»**

Керівник роботи

Наталія КУШНІРУК

Консультант від  
баз практики

Юрій БЕСПАЛЬКО

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

Здобувач

Олександр ХОРОХОРИН

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

Голова ЕК

Андрій РТИЩЕВ

Запоріжжя 2026

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**  
Факультет гірничо-металургійний  
Кафедра гірничої справи  
Ступінь вищої освіти бакалавр  
Спеціальність 184 Гірництво  
ОПП Збагачення корисних копалин

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

Гарант освітньої програми

**Левченко К.А.**

(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавра

**Хорохоріна Олександра Валерійовича**

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи: **«Аналіз технологічної схеми збагачення АТ «Південний ГЗК»**

керівник роботи КУШНІРУК Н.В. доцент кафедри гірничої справи, к.т.н.  
затверджені наказом Університету від №41 від 23.02.2026

2. Термін подання роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з гірничої справи, літературні джерела, науково-дослідницькі роботи з тематики гірничої справи, технологічні інструкції, дані АТ «Південний ГЗК» м.Кривий Ріг

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ.

1. Загальна характеристика АТ «Південний ГЗК» (1.1. Геологічна характеристика та виробнича діяльність, 1.2. Аналіз сировинної бази АТ «Південний ГЗК», 1.3. Схема рудо-підготовки та збагачення магнетитових кварцитів АТ «Південний ГЗК» 2. Аналіз технологічної схеми

2.1. Загальна характеристика сировинної бази та технологічного процесу

2.2. Аналіз технологічної схеми збагачення АТ «ПівД ГЗК 3. Техніка

безпеки та охорона праці (3.1. Організація виробництва, техніка безпеки, охорона праці) 3.2. Охорона навколишнього середовища). 4. Висновки.

Перелік використаних джерел.

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

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

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
Розділ 1	Беспалько Ю.М.
Розділ 2	Тоцький О.Ю.

7.Дата видачі завдання

11.05.2025

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Організаційна структура та виробнича діяльність	11.05.2026 – 14.05.2026	
2	Сировинна база гірничо-збагачувального підприємства	15.05.2026 – 19.05.2026	
3	Підготовка корисної копалини до збагачення	20.05.2026 – 25.05.2026	
4	Методи забезпечення якості корисних копалин	26.05.2026 – 31.05.2026	
5	Аналіз технологічної схеми збагачення АТ «Південний ГЗК	01.06.2026 – 07.06.2026	
6	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат.	08.06.2026 – 11.06.2026	
7	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	12.06.2026 – 19.06.2026	
8	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу,	20.06.2026 – 23.06.2026	
9	Рецензування завершеної роботи. Захист	24.06.2026 – 26.06.2026	

Керівник роботи

Наталія КУШНІРУК

Здобувач

Олександр ХОРОХОПІН

## Анотація

Хорохорін Олександр Валерійович Тема : Аналіз технологічної схеми збагачення АТ «Південний ГЗК».

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 184 Гірництво, ОПП «Збагачення корисних копалин» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2026.

У роботі проведено аналіз технологічної схеми збагачення залізних руд АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» (Південний ГЗК). Розглянуто основні стадії підготовки та переробки рудної сировини, включаючи дроблення, подрібнення, класифікацію, магнітне збагачення та зневоднення концентрату. Проаналізовано технологічне обладнання, що використовується на підприємстві, а також особливості організації виробничого процесу.

Особливу увагу приділено оцінці ефективності технологічної схеми, показникам якості залізорудного концентрату та факторам, які впливають на продуктивність збагачувальної фабрики. Визначено основні напрями підвищення ефективності процесів збагачення за рахунок удосконалення технологічних режимів, модернізації обладнання та впровадження сучасних методів контролю виробництва.

Результати дослідження можуть бути використані для оцінки технічного рівня виробництва, оптимізації роботи збагачувальної фабрики та підвищення конкурентоспроможності залізорудної продукції підприємства.

**Ключові слова:** залізна руда, збагачення корисних копалин, магнітна сепарація, концентрат, технологічна схема, дроблення, подрібнення, Південний ГЗК, збагачувальна фабрика.

У першому розділі кваліфікаційної роботи «Загальна характеристика АТ «Південний ГЗК» розглянуто геологічну характеристику родовища, методи проведення геологічного

випробування корисної копалини, аналіз сировинної бази. Також у розділі описана схем рудо-підготовки та збагачення магнетитових кварцитів

В другому розділі розглянута Загальна характеристика сировинної бази та технологічного процесу, аналіз технологічної схеми збагачення АТ «ПівД ГЗК»

В третьому розділі розглянута охорона праці,техніка безпеки підприємства та організація виробництва.

## **Зміст**

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>Розділ 1.ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА «АТ Південний ГЗК»</b>	
1.1 Геологічна характеристика та виробнича діяльність.....	8
1.2 Аналіз сировинної бази АТ «Південний ГЗК».....	11
1.3 Опис схеми рудо-підготовки та збагачення магнетитових кварцитів АТ Південний ГЗК.....	17
<b>Розділ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ</b>	
2.1. Загальна характеристика сировинної бази та технологічного процесу.....	28
2.2. Аналіз технологічної схеми збагачення АТ «ПівД ГЗК».....	35
<b>Розділ 3 ТЕХНІКА БЕСПЕКИ,ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	
3.1 Організація виробництва, техніка безпеки, охорона праці.....	46
3.2.Охорона навколишнього середовища.....	49
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	50
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	51

## Вступ

Гірничо-збагачувальна промисловість є однією з провідних галузей економіки України, яка забезпечує металургійні підприємства якісною сировиною для виробництва чавуну та сталі. Важливе місце в цій галузі займають гірничо-збагачувальні комбінати, діяльність яких спрямована на видобуток, переробку та збагачення залізних руд. Від ефективності технологічних процесів збагачення залежить якість кінцевої продукції, рівень вилучення корисних компонентів і конкурентоспроможність підприємства.

АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» є одним із найбільших підприємств України з видобутку та переробки залізних руд. Підприємство виробляє залізорудний концентрат, що широко використовуються металургійними підприємствами України та інших країн. У зв'язку з постійним зростанням вимог до якості залізорудної продукції особливого значення набуває аналіз та вдосконалення технологічних схем збагачення.

Метою роботи є аналіз технологічної схеми збагачення АТ «Південний ГЗК», оцінка ефективності основних технологічних процесів та визначення можливих напрямів підвищення якості концентрату.

Сьогодні гірничодобувним підприємствам не завжди вдається забезпечувати стабільний рівень якісних показників вихідної сировини. Руда, що транспортується на РЗФ видобувається з різних забоїв, гіпсометричних горизонтів, частин родовищ, характеризується різним мінеральним складом, технологічними властивостями, що спричиняє нестабільність роботи обладнання, коливання показників вилучення цінних компонентів при збагаченні і якості товарних концентратів.

Відповідно до мети дослідження визначено основні завдання.

1. Геологічна характеристика родовища.
2. Аналіз сировинної бази та геологічне випробування.

3.Опис схеми рудо підготовки та збагачення магнетитових кварцитів.

4. Аналіз технологічної схеми збагачення АТ «Південний ГЗК».

5.Техніка безпеки.

## Розділ 1.ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА «АТ Південний ГЗК»

### 1.1.Геологічна характеристика та виробнича діяльність.

АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» є одним із найбільших підприємств гірничорудної промисловості України та одним із провідних виробників залізорудного концентрату. Підприємство розташоване в південній частині Криворізького залізорудного басейну (Кривбасу) на території міста Кривий Ріг Дніпропетровської області. Вигідне географічне положення, значні запаси залізних руд та розвинена транспортна інфраструктура сприяли формуванню потужного гірничо-металургійного комплексу регіону.

Криворізький залізорудний басейн є найбільшим в Україні та одним із найбільших у світі за запасами залізних руд. Його геологічна структура сформувалася в докембрійський період і характеризується складною будовою, значною протяжністю рудних тіл та різноманітністю мінерального складу. Залізорудні поклади простягаються смугою завдовжки понад 100 км і представлені переважно багатими рудами та залізистими кварцитами.

Сировинною базою АТ «Південний ГЗК» є родовища магнетитових кварцитів, які характеризуються великими промисловими запасами. Основними корисними компонентами руд є магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) та мартит. Найбільше промислове значення має магнетит, оскільки він має сильні магнітні властивості та ефективно вилучається під час магнітного збагачення. Поряд із рудними мінералами в породі присутні кварц, амфіболи, слюди, польові шпати та інші мінерали пустої породи.

Залізисті кварцити характеризуються порівняно низьким вмістом заліза в природному стані, який зазвичай становить 30–40 %. Для отримання високоякісної сировини, придатної для металургійного виробництва, необхідно здійснювати складний комплекс операцій із підготовки та збагачення руди. Саме тому ефективність технологічної

схеми збагачення має вирішальне значення для забезпечення конкурентоспроможності продукції підприємства.

Гірничі роботи на підприємстві ведуться відкритим способом. Видобуток руди здійснюється у великому кар'єрі із застосуванням сучасної техніки та високопродуктивного обладнання. Відкритий спосіб розробки є економічно доцільним завдяки значним запасам руди та особливостям залягання родовища. Основними етапами видобутку є буріння свердловин, проведення вибухових робіт, навантаження гірничої маси екскаваторами та її транспортування до пунктів первинної переробки.

Для транспортування руди використовуються великовантажні автомобілі, залізничний транспорт та конвеєрні системи. Значна увага приділяється оптимізації транспортних потоків, оскільки витрати на переміщення гірничої маси становлять вагомую частину собівартості продукції.

Після видобутку руда надходить на дробильні установки, де відбувається її підготовка до подальшого збагачення. Процес дроблення забезпечує зменшення розмірів шматків руди до необхідної крупності. Наступною стадією є подрібнення, під час якого відбувається розкриття зерен корисного мінералу та їх підготовка до вилучення в процесі магнітної сепарації.

Основу технологічного процесу збагачення на комбінаті становить магнітний метод. Його застосування обумовлене значним вмістом магнетиту в руді. Після подрібнення матеріал надходить на магнітні сепаратори, де під дією магнітного поля відбувається розділення рудної та нерудної частин. У результаті отримують концентрат із підвищеним вмістом заліза та хвости збагачення.

Для досягнення необхідних показників якості застосовуються кілька стадій подрібнення та магнітної сепарації. Багатостадійна схема дозволяє підвищити ступінь вилучення заліза та забезпечити стабільну якість

готової продукції. Отриманий концентрат піддається згущенню, фільтрації та зневодненню, після чого направляється споживачам або використовується для виробництва агломераційної сировини.

Основною продукцією підприємства є залізородний концентрат із високим вмістом заліза. Висока якість продукції забезпечує її конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Концентрат використовується металургійними підприємствами для виробництва агломерату, окатків, чавуну та сталі.

Важливим напрямом діяльності АТ «Південний ГЗК» є технічне переоснащення виробництва. На підприємстві здійснюється модернізація дробильного, подрібнювального та збагачувального обладнання, впроваджуються сучасні автоматизовані системи управління технологічними процесами. Це дозволяє підвищувати продуктивність обладнання, покращувати якість концентрату та зменшувати енерговитрати.

Особлива увага приділяється питанням охорони праці та захисту навколишнього середовища. На підприємстві впроваджуються заходи щодо зниження викидів пилу, раціонального використання водних ресурсів, рекультивації земель та безпечного поводження з відходами виробництва. Застосування сучасних природоохоронних технологій сприяє зменшенню негативного впливу виробничої діяльності на довкілля.

Таким чином, АТ «Південний ГЗК» є одним із ключових підприємств гірничорудної галузі України. Значні запаси залізистих кварцитів, сучасна технологічна база та постійне вдосконалення виробничих процесів забезпечують стабільне виробництво високоякісного залізородного концентрату та сприяють розвитку вітчизняного гірничо-металургійного комплексу.

## 1.2. Аналіз сировинної бази АТ «Південний ГЗК»

### **Загальна характеристика**

АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» (Південний ГЗК) є одним із найбільших підприємств гірничо-металургійного комплексу України, що спеціалізується на видобутку та збагаченні залізних руд. Основою його сировинної бази є **Скелюватське (Скелюватсько-Магнетитове) родовище магнетитових залізистих кварцитів**, розташоване в Криворізькому залізорудному басейні.

### **Характеристика родовища**

Скелюватське родовище належить до найбільших залізорудних родовищ Кривбасу та представлене переважно бідними магнетитовими кварцитами, які потребують збагачення перед використанням у металургії. Вміст магнетиту в руді становить близько 34%, що обумовлює необхідність складного технологічного процесу переробки.

За даними галузевих джерел, балансові запаси родовища становлять:

- магнетитові кварцити — близько **962,2 млн т**;
- окислені кварцити — близько **53,6 млн т**.

Такі запаси забезпечують підприємству довгострокову перспективу роботи та стабільність виробництва.

### **Забезпеченість запасами**

Кар'єр Південного ГЗК забезпечений запасами залізних руд категорій А+В+С приблизно на **75 років експлуатації**, що є одним із найкращих показників серед гірничодобувних підприємств України.

Це свідчить про високу надійність сировинної бази та можливість довгострокового стратегічного планування діяльності підприємства.

### **Спосіб розробки родовища**

Видобуток руди здійснюється **відкритим (кар'єрним) способом**. Для розробки родовища використовується сучасна циклічно-потокowa технологія із застосуванням:

- автомобільного транспорту;
- залізничного транспорту;

- конвеєрних систем.

Основні параметри кар'єру:

<b>Показник</b>	<b>Значення</b>
Довжина	3000 м
Ширина	2650 м
Поточна глибина	375 м
Проектна глибина	615 м

### **Якість сировини**

Особливістю сировинної бази є переважання бідних магнетитових кварцитів. Для отримання товарної продукції руда проходить дроблення, подрібнення та магнітне збагачення.

Підприємство виробляє:

- концентрат із вмістом заліза близько 65%;
- високоякісний концентрат із вмістом заліза до 67,8%.

Висока якість кінцевої продукції дозволяє постачати її як на український ринок, так і на експорт.

### **Переваги сировинної бази**

1. Значні промислові запаси руди.
2. Тривалий термін забезпеченості запасами (понад 70 років).
3. Зручне розташування в межах Криворізького залізорудного басейну.
4. Можливість відкритого способу розробки, що знижує собівартість видобутку.
5. Розвинена транспортна інфраструктура підприємства.

### **Недоліки та проблеми**

1. Низький природний вміст заліза у вихідній руді.
2. Значні обсяги розкривних робіт.
3. Високі енерговитрати на подрібнення та збагачення.

4. Екологічне навантаження через масштабний відкритий видобуток.
5. Необхідність постійного поглиблення кар'єру та оновлення техніки.

### **Висновок**

Сировинна база АТ «Південний ГЗК» представлена потужним Скелюватським родовищем магнетитових кварцитів із запасами понад 1 млрд тонн залізорудної сировини. Великі запаси, тривалий термін експлуатації та можливість відкритого способу розробки забезпечують підприємству стабільне функціонування та конкурентоспроможність на внутрішньому й зовнішньому ринках. Водночас низький вміст заліза в руді потребує застосування ефективних технологій збагачення та значних виробничих витрат.

#### 1.3.Опис схеми рудо-підготовки та збагачення магнетитових кварцитів АТ Південний ГЗК

На АТ «Південний ГЗК» переробляються магнетитові кварцити Скелюватського родовища. Технологічна схема рудопідготовки та збагачення спрямована на отримання високоякісного залізорудного концентрату з масовою часткою заліза 65-68 %. Основним методом збагачення є магнітна сепарація, оскільки корисний компонент представлений магнетитом, який має сильні магнітні властивості.

Дроблення, грохочення та транспортування руди з передачею на збагачувальні фабрики РЗФ-1, РЗФ-2 проводиться у цеху №2 та №1 УДТК.

Дроблення та транспортування руди скельних порід та окислених кварцитів К<sup>жб</sup> виробляється у цеху №3 (цех скельної розкриви).

Руда, що поставляється РУ в УДТК, має відповідати наступним показникам: Кварцити не окислені : Fe % ( заг.) Fe % (магнітн.)

(магнетитові, гематит-магнетиті, силікат-карбонат-магнетитові

та їх частково окислені різниці) -  $34,7 \pm 1,2$   $27,55 \pm 0,5$

Допускається відхилення заліза магнітного у вихідній руді на РЗФ-1 і РЗФ-2 не більше + 1,2% у кількості 10% добових проб протягом місяця.

Твердість руди за шкалою проф. Протод'яконова становить 16-20 одиниць і вище. Руда з кар'єру РУ в УДТК поставляється до цеху №1 та №2 (гор. -90м) УДТК залізничним транспортом, партіями не більше 1050 т, а також у цех №2 (гор. -210м) УДТК великовантажними автосамоскидами вантажопідйомністю 120-130 т.

Розмір найбільшого шматка при подачі руди з кар'єру в УДТК повинен бути не більше 1200 (тисяча двісті) мм і визначається візуально.

Середнє значення змісту класу +20мм у дробленій руді задається затвердженими плановими показниками.

### **1.1. Цех №1 (1, 2, 3 потоки)**

Технологічна схема дроблення включає в себе три стадії дроблення з попереднім грохоченням перед дрібним дробленням. Крупність дробленої руди, що поставляється на РЗФ-1 та групу секцій №11-14 РЗФ-2 визначається ручним розсіванням на ситі 20 x 20 мм.

Середній вміст класу + 20 мм у подрібненій руді має відповідати заданому плановому значенню. Допускається відхилення у бік "+" до 1,2% абсолютного значення, у бік "-" відхилення не обмежується.

**1-а** стадія дроблення здійснюється конусною дробаркою КПД 1500/180 (1шт.). Продуктивність дробарки становить 1600 1800 т/год. Розмір розвантажувальної щілини на дробарці 125-140 мм встановлюється під час ремонту за безпосередньої участі механіка цеху (вимірювання), вказується в акті приймання, регулюється при перевищенні встановленого розміру, із записом у журналі з експлуатації. Крупність подрібненої руди після 1-ої стадії дроблення не повинна перевищувати 250мм.

**2-а** стадія дроблення здійснюється конусними дробарками КСД-2200Т-Д1М (1шт.) та КСД –2200Т (5 шт.) з продуктивністю дроблення 350,425 т / год. На дробарки середнього дроблення руда після 1-ої стадії дроблення надходить із проміжного складу руди. Розмір розвантажувальної щілини на дробарках становить 28,30 мм. Регулювання розвантажувальної щілини здійснюється через кожні 48 годин роботи (дані за вимірами розвантажувальної щілини мм заносяться в змінний журнал машиністів дробарок). Крупність дробленої руди після другої стадії дроблення не має перевищувати 75 мм. Продуктивність 2-й ст. дроблення становить 2 800 т/год.

**3-я** стадія дроблення здійснюється конусними дробарками дрібного дроблення КМД-2200Т(1шт.), КМД-2200Т6-Д1М(1шт.) та КМД-2200Т6-Д (5 шт.) із продуктивністю дроблення 270-330 т/год. з попереднім гуркотінням на інерційних гуркотах типу ГІВ-52 МВ-У(1 шт.) та ГІВ-42.МВ1(12шт.) для виділення класу крупності менше 20мм.

Крупність руди, що надходить на дробарки дрібного дроблення з бункерів-лійок, не повинна перевищувати 75 мм. Розмір розвантажувальної щілини на дробарках становить 8,10мм. Регулювання розвантажувальної щілини здійснюється згідно контрольних відбитків, але не рідше, ніж через кожні 24 години роботи.

Дані за промірами розвантажувальних щілин заносяться в змінний журнал машиністів дробарок не пізніше 2-х годин з початку зміни. Продуктивність 3-ї стадії дроблення становить 2800 т/годину.

Просівна поверхня гуркоти ГІВ-42 МВ1 складається з верхнього ярусу - 28 гумових секцій з розміром отворів 42х42 мм та нижнього ярусу – 28 гумових секцій з розміром отворів 30х30 мм. Просівна поверхня гуркоти ГІВ-52МВУ складається з верхнього ярусу - 40 гумових секцій з розміром отворів 42х42 мм та нижнього ярусу – 35 гумових секцій з розміром отворів 30х30 мм. Також на гуркотах можуть використовуватися

поліуретанові поверхні, поліпшені гумові або комбіновані, з розмірами осередків, що забезпечують задану планову крупність дробленої руди.

### **1.1. Цех №1 (1,2,3,4 стадії дроблення).**

Технологічна схема підготовки руди включає чотири стадії дроблення з попереднім гуркотінням перед середнім і дрібним дробленням. Крупність дробленої руди, що поставляється на РЗФ-2, визначають візуально і відповідно до схеми контролю ручним розсіюванням на ситі з розміром отворів 20x20 мм. Середній вміст класу +20мм у подрібненій руді має відповідати плановому значенню. Допускається відхилення у бік "+" до 1,2 % абсолютного значення, у бік "-" відхилення не обмежуються.

**1-а** стадія дроблення здійснюється конусною дробаркою ККД-1500/180 (1 шт.) і двома рудоспусками по нитках «Я» і «Ф» з прямою подачею на 2-у ст. дроблення. Продуктивність дробарки становить 3000,3500т/год. Розвантажувальна щілина дробарки витримується 170,180 мм, щілина регулюється при заміні конуса дробарки за безпосередньої участі механіка цеху. Розмір щілини заноситься в акт приймання та журнал з експлуатації. Величина дробленої руди після першої стадії дроблення не повинна перевищувати 300 мм

**2-а** стадія дроблення здійснюється конусними дробарками КРД-700/100 (2 шт.) і КРД-900/100 (2 шт.) з гідравлічним регулюванням розвантажувальної щілини (при несправному гідрорегулюванні, регулювання проводиться за

допомогою електромостового крану щотижня), результат регулювання заноситься у журнал з експлуатації, продуктивність дробарки становить 1700,1900 т/год.

Розмір розвантажувальної щілини на дробарці встановлюється не більше ніж 100мм. Крупність дробленої руди після другої стадії дроблення не має перевищувати 200 мм.

**3-я** стадія дроблення здійснюється конусними дробарками середнього дроблення КСДТ-2200 (1шт.), КСД-2200Т-ДБ (1шт.), КСД-2200Т-Д1М (1 шт.), а також КСД-2200Т (4 шт.) без попереднього гуркотіння або з попереднім гуркотінням на інерційному гуркоті ГІВ-52ЛЕМЗ (6 шт.) з двома ярусами просіву. Підрешітний продукт гуркоти ГІВ-52ЛЕМЗ прямує на збірковий конвеєр, а надрешітний - на дробарки середнього дроблення. Просівна поверхня верхнього ярусу гуркоти ГІВ-52ЛЕМЗ складається з 60 гумових секцій з розміром отворів 42x42 мм, а нижнього ярусу з 60 гумових секцій з розміром отворів 30x30 мм.

На дробарки 3-ї стадії дроблення руда надходить із проміжних бункерів, після другої стадії дроблення крупністю не більше ніж 200 мм. Розмір розвантажувальної щілини дробарки становить 27,30 мм. Регулювання розвантажувальної щілини повинне здійснюватися через кожні 48 годин роботи дробарки (дані за вимірами розвантажувальної щілини у мм заносяться в змінний журнал машиністів дробарок). Крупність руди після третьої стадії дроблення не повинна перевищувати 75 мм.

**4-а** стадія дроблення здійснюється конусними дробарками дрібного дроблення КМД-2200Т (3шт.), КМД-2200Т6-Д (3шт.) та КМД-2200Т6-Д1М (1шт.) з попереднім гуркотінням руди, що надходить на інерційні гуркоти ГІВ-51(1шт.) з одним ярусом просівної поверхні, яка складається з 45 гумових секцій з розміром отворів 30x30 мм, а також ГІВ-52ЛМ(6шт.) з двома ярусами просівної поверхні – верхній ярус це 55 гумових секцій з розміром отворів 42x42 мм, нижній ярус це 55 гумових секцій з розміром отворів 30x30 мм. Також на гуркотах можуть використовуватися поліуретанові поверхні, поліпшені гумові або комбіновані, з розмірами осередків, що забезпечують задану планову крупність дробленої руди.

Підрешітний продукт з гуркотів прямує на збірковий конвеєр, а надрешітний - на дробарки дрібного дроблення. Розмір розвантажувальної щілини дробарки становить 8-11 мм. Регулювання

розвантажувальної щілини здійснюється згідно з контрольними відбитками, але не рідше, ніж через кожні 24 години роботи дробарки. Дані за промірами розвантажувальних щілин заносяться в змінний журнал машиністів дробарок щозмінно, не пізніше 2-х годин від початку зміни.

3-я та 4-а стадії уявляють собою, так зване каскадне дроблення. Продуктивність каскаду складає 385 - 420 т./год. Продуктивність 3/4 стадії дроблення складає 3 600 т/год

## **ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КОНЦЕНТРАТУ МАРОК КЗ І**

### **КЗВ**

Ця технологічна інструкція містить основні положення і параметри ведення технологічного процесу виробництва залізорудного концентрату і є керівництвом для всіх працівників РЗФ №1.

До складу фабрики входять десять секцій (№№1-10) продуктивністю за вихідною рудою 160–200 т/год. Збагачення вихідної руди здійснюється за технологією мокрого трьох стадійного кульового подрібнення і класифікації, двох стадій контрольної класифікації пісків дешламаторів, трьох стадій мокрої магнітної сепарації, двох прийомів знешламлення, зневоднення (фільтрування) концентрату для секцій №№1-8.

Для секцій №№ 9-10 збагачення вихідної руди здійснюється за технологією мокрого трьох стадійного кульового подрібнення і класифікації, трьох стадій контрольної класифікації пісків дешламаторів, чотирьох стадій мокрої магнітної сепарації, двох прийомів знешламлювання та прийому згущення, та транспортування концентрату відцентровими ґрунтовими насосами типу 8/6-W-II-(4)-560R-75-PET на дільницю фільтрації секцій №№1-8.

Технологічні схеми і схеми ланцюга апаратів секцій №№ 5-8, 9-10 під час випуску концентрату марки КЗВ, секцій №№ 1-8 під час випуску концентрату марки КЗ; секцій №№ 3-4 під час дозбагачення пісків другої контрольної класифікації секцій №№ 5-8 представлено, відповідно, на мал. 1–6 (стор.57-62).

### **6.1. Опис технологічного процесу секцій №№1-8**

Подрібнена руда з параболічного бункера конвеєрами-живильниками подається в млини першої стадії подрібнення.

Подача вихідної руди з параболічних бункерів здійснюється через самопливні регульовані патрубки-живильники на горизонтальні конвеєри з перевантаженням на похилі конвеєри подачі руди в млини. Регулювання продуктивності млинів здійснюється за показаннями електронних стрічкових ваг типу «Єрмак» шляхом зміни швидкості руху стрічки горизонтальних конвеєрів за фіксованої висоти встановлення патрубків-живильників над стрічкою конвеєра.

Подрібнення дробленої вихідної руди крупністю (20-0)мм, пісків гідроциклонів і магнітних продуктів (промпродуктів) сепарації здійснюється в три стадії в кульових млинах із центральним розвантаженням зливного типу МШЦ (Р) 3600х5000

На першій стадії подрібнення на секціях встановлено по два головні млини.

Млини працюють у режимі перевірконої класифікації в замкнутому циклі з механічними спіральними класифікаторами з не зануреними спіралями. На секції встановлено два односпіральних класифікатори типу 1КСН 24х105. Процес подрібнення і

класифікації ведеться в режимі мокрого подрібнення з подачею води в млин у кількості 0,35-0,42 м<sup>3</sup> на тонну вихідної руди. Витрати води в млин і спіральний класифікатор враховуються за допомогою витратоміра «Кроне» і регулюються за допомогою затвора фірми «Danfoss» (Ду 100) і виконавчого механізму «Епікон» УЕП 250С. Злив млина (розвантаження) у спіральному класифікаторі розділяється на піски (велика фракція) і злив (тонка фракція). Піски класифікаторів (циркуляційне навантаження становить 100-150%) повертаються спіраллю в зворотній жолоб класифікатора і разом з вихідною рудою надходять у млин на доподрібнення.

Вимірювання щільності пульпи в зливах I-III стадій класифікації контролюється за допомогою радіоізотопних щільномірів ПМК-2 з блоками «Berthold» LG7440

Злив класифікаторів самопливом пульпопроводами (жолоби, труби РТВ) надходить у технологічний зумпф №1, звідки відцентровими ґрунтовими насосами типу 8/6-W-II-(4)-560R-75-PET (340-380) м<sup>3</sup>/год подається в пульпороздільник I стадії магнітної сепарації. Для розрідження живлення магнітних сепараторів до 25-30% твердого в пульпороздільник подається додаткова вода. Збагачення подрібненої руди здійснюють методом магнітної сепарації на барабаних магнітних сепараторах типу ПБМ-П-90/250 і ПБМ-ПП-120/300. Подача пульпи з пульпороздільник здійснюється самопливом по пульпопроводах через завантажувальний короб магнітних сепараторів, звідки через завантажувальну порожнину ванни під невеликим напором пульпа надходить під барабан, де розділяється на магнітний продукт і хвости (порожню породу).

Магнітний продукт, осаджений на поверхні барабана, під час його обертання виводиться з ванни і розвантажується в концентратний жолоб, хвости через хвостову щілину ванни

надходять у хвостовий відсік і по патрубках видаляються в хвостовий жолоб.

У результаті роботи магнітної сепарації I стадії виділяються магнітний продукт і хвости. Хвости направляються у відвал (збірні хвостові жолоби). Магнітний продукт (промпродукт) другого приймання I стадії магнітної сепарації та розвантаження млина II стадії подрібнення спрямовуються в технологічний зумпф №2 II другої стадії класифікації і після змішування з додатковою водою, насосами типу 8/6-W-II-(4)-560R-75-PET під тиском подаються на класифікацію в гідроциклони ГЦ 500 виробництва ТОВ «Нові технології». Один насос подає живлення на один гідроциклон.

У II стадії подрібнення секції встановлено один кульовий млин із центральним розвантаженням МШЦ (Р) 3600x5000. Млин працює в замкнутому циклі з гідроциклонами ГЦ 500 (II стадія класифікації) в режимі суміщеної попередньо-повірочної класифікації.

Злив гідроциклонів II стадії класифікації самопливом по пульпопроводах спрямовується на знешламлення в магнітних дешламаторах МД-5А і прийому. Піски дешламаторів розвантажуються через регульований затвор і самопливом спрямовуються в технологічний зумпф № 4, де змішуються з додатковою водою, і насосами типу 8/6-W-II-(4)-560R-75-PET подаються під тиском на контрольну класифікацію (1А) в гідроциклонах ГЦ 500.

Піски гідроциклонів першої контрольної класифікації (циркуляційне навантаження становить 32-42%) спільно з пісками гідроциклонів II стадії класифікації надходять на доподрібнення в млин II стадії. Загальне циркуляційне навантаження за пісками становить 175-255 %.

Злив гідроциклонів першої контрольної класифікації (1А) самопливом по пульпопроводах прямує на збагачення в II стадію магнітної сепарації.

У II стадії класифікації встановлено по три, а в контрольній класифікації (1А) - два агрегати «насос-гідроциклон». У роботі постійно перебувають по два агрегати «насос-гідроциклон» у II стадії та один агрегат у контрольній класифікації.

У III стадії подрібнення працює кульовий млин із центральним розвантаженням МШЦ (Р) 3600x5000 у замкнутому циклі з 2-ма батареями гідроциклонів PD200/4/4/150-MSRG, кожна в комплекті з 4-ма гідроциклонами HC-350-20-0/A-B/30 с/w 90° OE MSRG компанії Multotec, у режимі попередньо-повірочної класифікації подрібненого продукту. У роботі постійно перебувають дві батареї гідроциклонів. Піски гідроциклонів подрібнюються в млині III стадії, розвантаження млина повертається в зумпф № 3 III стадії класифікації.

Злив гідроциклонів III стадії класифікації самопливом по пульпопроводах прямує на знешламлення в дешламаторах типу МД-5А II прийому. Піски дешламаторів самопливом надходять у зумпф № 5 і насосом типу 8/6-W-II-(4)-560R-75-PET подаються на другу контрольну класифікацію (2А) в батареї PD200/3/3/150-MSRG в комплекті з 3-ма гідроциклонами HC-350-20-0/A-B/30 с/w 90° OE MSRG.

Злив гідроциклонів другої контрольної класифікації (2А) самопливом надходить у пульпороздільник III стадії магнітної сепарації.

Піски гідроциклонів другої контрольної класифікації (2А) самопливом надходять: I варіант - у збірний зумпф перекачування пісків секцій №№ 5-8, звідки насосами 8/4-W-II-(4)-400R-55-PET

подаються до зумпфа №3 секцій №№ 3-4 для дозбагачення; II варіант - до пульпороздільника дешламаторів I приймання знешламлення або до млина третьої стадії подрібнення своєї секції.

У III стадії магнітної сепарації встановлено шість двобарабаних агрегатів магнітних сепараторів типу ПБМ-ПП-90/250. У роботі мають перебувати всі встановлені на секціях магнітні сепаратори, допускається короткочасне зупинення одного сепаратора на ремонт протягом зміни.

У I-II прийомах знешламлювання зливів гідроциклонів, відповідно, II-III стадій класифікації встановлені по два магнітні дешламатори Ø 5000 мм типу МД-5А. Самопливне розвантаження згущеного продукту (пісків) дешламаторів I і II прийомів відбувається через розвантажувальний конус і регульовану засувку, встановлену знизу конуса; піски пульпопроводами самопливом спрямовують відповідно до технологічних зумпфів № 4 і № 5. У зумпф № 5 надходять також переливи вакуум-фільтрів і фільтрат.

Концентрат останньої стадії сепарації самопливом надходить у пульпороздільник живлення вакуум-фільтрів.

Фільтрування (зневоднення) кінцевого концентрату здійснюється на дискових вакуум-фільтрах ДОО 100-2,5-5У. У відділенні зневоднення на секціях встановлено три вакуум-фільтри. У роботі перебувають постійно два (три) вакуум-фільтри. Фільтри повинні працювати з невеликим переливом, щоб не збільшувати циркуляційне навантаження в останній стадії подрібнення (класифікації) і збагачення секцій.

Фільтрат надходить в один загальний для всіх вакуум-фільтрів секції ресивер об'ємом 4 м<sup>3</sup>, звідки насосами типу 6/4-W-II-(4)-400R-55-PET подається в технологічний зумпф № 5.

Зневоднений концентрат (кек) системою конвеєрів транспортується на склад концентрату і на бункери 4 ділянки відвантаження концентрату.

## **6.2. Опис технологічного процесу секцій №№9-10**

Подрібнена руда з параболічного бункера конвеєрами-живильниками подається в млини першої стадії подрібнення.

Подача вихідної руди з параболічних бункерів здійснюється через самопливні регульовані патрубків-живильники на горизонтальні конвеєри з перевантаженням на похилі конвеєри подачі руди в млини. Регулювання продуктивності млинів здійснюється за показаннями електронних стрічкових ваг типу «Єрмак» шляхом зміни швидкості руху стрічки горизонтальних конвеєрів за фіксованої висоти встановлення патрубків-живильників над стрічкою конвеєра.

Подрібнення подрібненої вихідної руди крупністю (20-0) мм, пісків гідроциклонів і магнітних продуктів (промпродуктів) сепарації здійснюється в три стадії в кульових млинах із центральним розвантаженням зливного типу МШЦ (Р) 3600x5000

На першій стадії подрібнення на секціях встановлено по два головні млини.

Млини працюють у режимі перевірконої класифікації в замкнутому циклі з механічними спіральними класифікаторами з не зануреними спіралями. На секції встановлено два односпіральних

класифікатори типу 1КСН 24x105. Процес подрібнення і класифікації ведеться в режимі мокрого подрібнення з подачею води в млин у кількості (0,35-0,42) м<sup>3</sup> на тону вихідної руди. Витрати води в млин і спіральний класифікатор враховуються за допомогою витратоміра «Кроне» і регулюються за допомогою затвора фірми «Danfoss» (Ду 100) і виконавчого механізму «Епікон» УЕП 250С. Злив млина (розвантаження) у спіральному класифікаторі розділяється на піски (велика фракція) і злив (тонка фракція). Піски класифікаторів (циркуляційне навантаження становить 100-150%) повертаються спіраллю в поворотний жолоб класифікатора і разом з вихідною рудою надходять у млин на доподрібнення.

Вимірювання густини пульпи в зливах I-III стадій класифікації контролюється за допомогою радіоізотопних щільномірів ПМК-2 з блоками «Berthold» LG7440D.

Розвантаження (злив) спіральних класифікаторів самопливом спрямовується в зумпф №1, звідки пульпа насосом 8/6-W-II-(4)-560R-75-РЕТ подається на пульпороздільник першої стадії магнітної сепарації, де на позначці +7,5 м встановлені двобарабанні магнітні сепаратори у першому прийомі ПБМ-120/300-П та у другому - ПБМ-120/300-П. Розвантаження барабана другого прийому першої стадії МС самопливом прямує в зумпф № 2, звідки насосом 8/6-W-II-(4) прямує в батарею гідроциклонів 2x400CVX10 (друга основна класифікація), що працює у відкритому циклі - піски самопливом прямують до млина подрібнення – злив у пульпороздільник магнітної дешламації першого прийому. Промпродукт розвантаження млина другої стадії подрібнення самопливом направляється в пульпороздільник другої стадії магнітної сепарації в МС ПБМ-120/300-П, розвантаження яких самопливом направляється в зумпф №3, звідки пульпа насосом 8/6-W-II-(4) направляється в батарею гідроциклонів 2x400CVX10

(друга основна класифікація), що працюють у замкнутому циклі – піски самопливом прямують до млина другої стадії подрібнення – злив у пульпороздільник магнітної дешламації першого прийому.

Піски магнітних дешламаторів першого прийому самопливом розвантажуються через регульований шланговий затвор (засувку) в зумпф №4 і насосами типу 8/6-W-II-(4)-560R-75-PET направляються в батарею гідроциклонів 2x400CVX10 першої контрольної класифікації, піски якої у зумпф №3, а злив у пульпороздільник третьої стадії магнітної сепарації в МС ПБМ-120/300-ПП розвантаження яких прямує самопливом у зумпф № 5, звідки насосом 8/6-W-II-(4) прямує в батарею гідроциклон НС- 350 (третя основна класифікація), що працює у відкритому циклі – піски батареї НС-350 самопливом направляються до млина третьої стадії подрібнення, а злив у пульпороздільник магнітної дешламації другого прийому. Промпродукт розвантаження млина третьої стадії подрібнення самопливом направляється в зумпф №6, звідки пульпа насосами 8/6-W-II-(4) направляється в батареї гідроциклонів НС-350 (третя основна класифікація), що працюють у замкнутому циклі – піски батареї НС-350 самопливом прямують до млина третьої стадії подрібнення – злив у пульпороздільник магнітної дешламації другого прийому.

Піски магнітних дешламаторів другого прийому самопливом розвантажуються через регульований шланговий затвор (засувку) і надходять у зумпф №7, звідки пульпа насосом типу 8/6-W-II-(4)-560R-75-PET прямує в батарею гідроциклонів 250CVX10 класифікація), піски якої самопливом прямують у зумпф № 6, а слив у згущувач (магнітний дешламатор № 6). Згущений продукт зі згущувача направляється в зумпф № 8, звідки пульпа насосом типу 8/6-W-II-(4) направляється в батарею НС-165 (третя контрольна класифікація), піски якої самопливом направляються в зумпф № 6,

а слив у пульпороздільник четвертої стадії магнітної сепарації. Промпродукт четвертої стадії МС самопливом направляється в концентратний зумпф, звідки насосом типу 8/6-W-II-(4)-560R-75-PET або 6/4-W-II-(4)-560R-75-PET по пульпопроводам на фільтрацію секцій №№1-8.

## **Висновок**

Схема рудопідготовки та збагачення магнетитових кварцитів АТ «Південний ГЗК» базується на багатостадійному дробленні, подрібненні та магнітному збагаченні. Така технологія забезпечує ефективне розкриття зерен магнетиту та отримання високоякісного залізородного концентрату, що відповідає вимогам металургійних підприємств України та світового ринку.

## **Розділ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ**

2.1. Загальна характеристика сировинної бази та технологічного процесу

АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» (Південний ГЗК) є одним із найбільших підприємств гірничодобувної галузі України та одним із провідних виробників залізородної сировини у Східній Європі. Підприємство розташоване в південній частині міста Кривий Ріг Дніпропетровської області та входить до складу гірничо-металургійного комплексу України. Основним видом діяльності комбінату є видобуток залізної руди відкритим способом, її збагачення та виробництво високоякісного залізородного концентрату для металургійної промисловості.

Південний ГЗК має розвинену виробничу інфраструктуру, до складу якої входять кар'єр, дробильна фабрика, збагачувальна фабрика, хвостове

господарство, ремонтні та енергетичні підрозділи, залізничний транспорт і допоміжні виробництва. Комбінат забезпечує повний цикл переробки залізної руди — від її видобутку до отримання готової концентратної продукції.

## **Характеристика сировинної бази**

Сировинною базою Південного ГЗК є Скелюватське родовище залізистих кварцитів, яке належить до Криворізького залізорудного басейну (Кривбасу). Кривбас є найбільшим залізорудним районом України та одним із найважливіших залізорудних басейнів світу.

Основною корисною копалиною родовища є магнетитові кварцити. Вони являють собою метаморфічні гірські породи, що складаються переважно з магнетиту та кварцу. Магнетит є основним рудним мінералом, який містить залізо та має добре виражені магнітні властивості, що дозволяє ефективно вилучати його методом магнітної сепарації.

Рудні поклади мають значну потужність і простягаються на декілька кілометрів. Родовища характеризуються стабільністю геологічної будови та відносно однорідним мінералогічним складом, що позитивно впливає на роботу збагачувальних фабрик.

### **Мінералогічний склад руди**

До складу руди входять:

#### **Рудні мінерали:**

- магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ );
- гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ );
- мартит;
- незначна кількість сидериту.

## **Нерудні мінерали:**

- кварц;
- амфіболи;
- біотит;
- хлорит;
- карбонати;
- польові шпати.

Основним корисним компонентом є залізо, яке міститься переважно у формі магнетиту.

## **Запаси та якість сировини**

Скелюватське родовище характеризується значними промисловими запасами залізистих кварцитів, що забезпечують довгострокову експлуатацію підприємства.

Основні показники сировинної бази:

<b>Показник</b>	<b>Значення</b>
Тип руди	Магнетитові кварцити
Спосіб розробки	Відкритий
Вміст заліза в руді	30–35 %
Вміст магнетиту	30–34 %
Вміст кремнезему	45–55 %
Глибина кар'єру	понад 350 м
Термін забезпеченості запасами	понад 70 років

Низький природний вміст заліза в руді обумовлює необхідність її попереднього збагачення. Саме тому ефективність роботи підприємства значною мірою залежить від досконалості технологічних процесів рудопідготовки та магнітного збагачення.

## **Загальна характеристика технологічного процесу**

Технологічний процес на Південному ГЗК являє собою складний комплекс механічних, фізичних та гідромеханічних процесів, спрямованих на вилучення магнетиту з бідних залізистих кварцитів.

Основною метою технологічного процесу є отримання концентрату з високим вмістом заліза при мінімальних втратах корисного компонента у хвостах.

Виробничий цикл складається з таких основних стадій:

1. Видобуток руди.
2. Дроблення.
3. Подрібнення.
4. Класифікація.
5. Магнітне збагачення.
6. Перечищення концентрату.
7. Зневоднення концентрату.
8. Складування та відвантаження готової продукції.

### **Видобуток руди**

Видобуток корисної копалини здійснюється відкритим способом у кар'єрі великої продуктивності.

Технологія включає:

- буріння вибухових свердловин;
- заряджання свердловин вибуховими речовинами;
- проведення масових вибухів;
- екскавацію гірничої маси;

- транспортування руди.

Для навантаження використовуються потужні кар'єрні екскаватори, а для транспортування — великовантажні автосамоскиди та залізничний транспорт.

Відкритий спосіб видобутку є економічно вигідним завдяки високій продуктивності та нижчій собівартості порівняно з підземним способом розробки.

## **Дроблення руди**

Дроблення є першою стадією підготовки руди до збагачення.

Основна мета процесу — зменшення крупності матеріалу до розмірів, необхідних для подальшого подрібнення.

На Південному ГЗК застосовується тристадійна схема дроблення:

### **Крупне дроблення**

Максимальний розмір шматків руди після вибуху становить 1000–1200 мм. На стадії крупного дроблення їх розмір зменшується до 250–300 мм.

### **Середнє дроблення**

На цій стадії руда подрібнюється до крупності приблизно 70–80 мм.

### **Дрібне дроблення**

Після дрібного дроблення крупність матеріалу не перевищує 15–25 мм.

## **Подрібнення та класифікація**

Подрібнення є одним із найважливіших і найбільш енергоємних процесів збагачення.

Метою подрібнення є максимальне розкриття зерен магнетиту від кварцової породи.

Процес здійснюється у кульових млинах. Разом із водою утворюється пульпа, яка надходить на класифікацію.

Класифікація проводиться за допомогою:

- гідроциклонів;
- спіральних класифікаторів.

Крупні частинки повертаються на повторне подрібнення, а дрібний продукт спрямовується на збагачення.

### **Магнітне збагачення**

Основним методом вилучення заліза є магнітна сепарація.

Принцип процесу базується на різниці магнітної сприйнятливості магнетиту та пустої породи.

Технологічна схема включає:

### **Основну сепарацію**

Виділення основної маси магнетиту з подрібненої руди.

### **Контрольну сепарацію**

Додаткове вилучення магнетиту з хвостів основної сепарації.

### **Перечищення концентрату**

Підвищення якості концентрату та зменшення вмісту домішок.

Після завершення всіх стадій отримують концентрат із вмістом заліза до 65–68 %.

### **Зневоднення та відвантаження концентрату**

Для забезпечення необхідних транспортних властивостей концентрат проходить стадії зневоднення:

- згущення;
- вакуум-фільтрація;
- складування.

Готовий концентрат транспортується залізничним транспортом до металургійних підприємств України та на експорт.

### **Технологічна схема виробництва концентрату**

Кар'єрна руда



Крупне дроблення



Середнє дроблення



Дрібне дроблення



Подрібнення



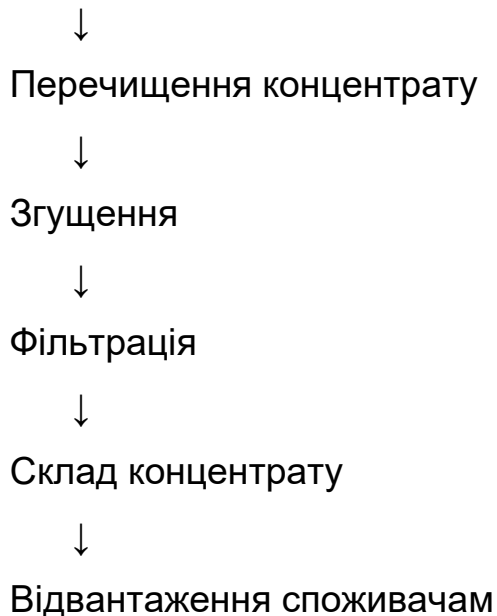
Класифікація



Основна магнітна сепарація



Контрольна магнітна сепарація



## **Висновок**

Південний ГЗК володіє потужною та довгостроковою сировинною базою, представленою магнетитовими кварцитами Скелюватського родовища Криворізького залізорудного басейну. Значні запаси руди, відкритий спосіб її видобутку та високий рівень механізації забезпечують стабільну роботу підприємства. Технологічний процес комбінату включає комплекс операцій із дроблення, подрібнення, класифікації, магнітного збагачення та зневоднення концентрату. Завдяки використанню сучасних технологій збагачення Південний ГЗК виробляє високоякісний залізорудний концентрат із високим вмістом заліза, що є важливою сировиною для металургійної промисловості України та світу.

## **2.2. Аналіз технологічної схеми збагачення залізних руд АТ «Південний ГЗК»**

### **Загальна характеристика технологічної схеми збагачення**

АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» є одним із найбільших виробників залізорудного концентрату в Україні. Основною сировиною

для підприємства є магнетитові кварцити Скелюватського родовища Криворізького залізорудного басейну. Особливістю цих руд є низький вміст заліза у природному стані та складна текстура з тісним взаємним проростанням рудних і нерудних мінералів. Тому для отримання якісної металургійної сировини необхідно здійснювати багатостадійну підготовку та збагачення руди.

Технологічна схема збагачення Південного ГЗК сформована з урахуванням мінералогічних властивостей магнетитових кварцитів і базується на принципі поетапного розкриття зерен магнетиту та їх подальшого вилучення магнітними методами. Головною метою технологічного процесу є отримання концентрату з високим вмістом заліза та мінімальним вмістом кремнезему, що відповідає вимогам сучасної металургійної промисловості.

Ефективність роботи збагачувальної фабрики визначається не лише якістю кінцевого концентрату, а й ступенем вилучення заліза з руди, питомими витратами електроенергії, води та реагентів, а також рівнем втрат корисного компонента у хвостах. Саме тому всі стадії технологічного процесу взаємопов'язані та працюють як єдина система.

### **Аналіз процесу дроблення руди**

Першою стадією технологічної схеми є дроблення руди. Його основним завданням є підготовка гірничої маси до подальшого подрібнення та забезпечення необхідної крупності матеріалу для ефективної роботи млинів.

Після видобутку в кар'єрі розмір окремих шматків руди може досягати 1000–1200 мм. Такі розміри є неприйнятними для безпосереднього подрібнення, тому руда проходить кілька послідовних стадій дроблення.

На Південному ГЗК застосовується тристадійна схема дроблення:

## **Крупне дроблення**

На цій стадії великі шматки руди надходять до щоккових або конусних дробарок, де їх розмір зменшується до 250–300 мм. Основним завданням є підготовка матеріалу до наступної стадії.

## **Середнє дроблення**

Після першої стадії руда направляється на середнє дроблення. Тут крупність матеріалу зменшується приблизно до 70–80 мм. Внаслідок цього покращуються умови для роботи обладнання дрібного дроблення.

## **Дрібне дроблення**

На завершальному етапі крупність руди доводиться до 15–25 мм. Саме такий матеріал надходить на стадію подрібнення.

Застосування багатостадійного дроблення дозволяє:

- знизити навантаження на млини;
- зменшити витрати електроенергії;
- підвищити продуктивність збагачувальної фабрики;
- забезпечити рівномірність живлення подрібнювального обладнання.

Разом з тим процес дроблення супроводжується значним пилоутворенням, шумом та інтенсивним зношуванням робочих органів дробарок, що потребує постійного технічного обслуговування.

## **Аналіз процесу подрібнення та класифікації**

Подрібнення є найважливішою та найбільш енергоємною стадією технологічного процесу. Саме від ступеня подрібнення залежить ефективність подальшого вилучення магнетиту.

Магнетитові кварцити характеризуються тонким взаємним проростанням магнетиту з кварцом, тому для їх ефективного розділення необхідно забезпечити максимальне розкриття зерен.

Подрібнення здійснюється в кульових млинах, де руда руйнується внаслідок ударів та стирання сталевими кулями. У процесі подрібнення до матеріалу додається вода, що забезпечує утворення пульпи.

Після виходу з млина пульпа направляється на класифікацію.

Класифікація здійснюється за допомогою:

- гідроциклонів;
- спіральних класифікаторів;

Основною метою класифікації є розділення матеріалу за крупністю. Частинки, які ще недостатньо подрібнені, повертаються на повторне подрібнення, а готовий клас надходить на збагачення.

Перевагами замкнутого циклу подрібнення є:

- стабільність крупності продукту;
- підвищення ступеня розкриття магнетиту;
- зниження перевитрат енергії;
- підвищення якості концентрату.

Недоліком процесу є дуже висока енергоємність. За оцінками фахівців, на подрібнення може припадати до 50–60 % усіх енергетичних витрат збагачувальної фабрики.

### **Аналіз процесу магнітного збагачення**

Основним методом вилучення заліза на Південному ГЗК є магнітна сепарація.

Вибір саме цього способу пояснюється тим, що магнетит є сильномагнітним мінералом і добре відокремлюється від кварцу та інших немагнітних компонентів.

Після подрібнення пульпа подається на барабанні магнітні сепаратори низької інтенсивності.

Під дією магнітного поля відбувається поділ матеріалу на:

- магнітний продукт (концентрат);
- немагнітний продукт (хвости).

На стадії основної сепарації вилучається більша частина магнетиту.

Основні переваги магнітної сепарації:

- висока продуктивність;
- простота конструкції обладнання;
- низька собівартість процесу;
- можливість безперервної роботи;
- високий рівень автоматизації.

Разом з тим ефективність процесу значною мірою залежить від якості підготовки руди. Якщо магнетит недостатньо розкритий, частина його потрапляє до хвостів і втрачається.

### **Аналіз контрольної сепарації та перечищення концентрату**

Для підвищення ступеня вилучення заліза на фабриці застосовується контрольна магнітна сепарація.

Її основне завдання полягає у додатковому вилученні магнетиту з хвостів основної сепарації.

Завдяки цьому:

- зменшуються втрати заліза;
- підвищується коефіцієнт вилучення;
- покращуються економічні показники виробництва.

Після основної сепарації концентрат містить певну кількість кварцу та інших домішок. Для досягнення необхідної якості він проходить декілька стадій перечищення.

Перечищення концентрату забезпечує:

- підвищення вмісту заліза;
- зниження вмісту кремнезему;
- покращення фізико-хімічних властивостей концентрату;
- відповідність продукції вимогам металургійних підприємств.

Саме на цій стадії формується остаточна якість товарного концентрату.

### **Аналіз процесів згущення та фільтрації**

Після завершення магнітного збагачення концентрат містить значну кількість води. Для забезпечення транспортування та подальшого використання його необхідно зневоднити.

Зневоднення здійснюється у два етапи:

#### **Згущення**

У згущувачах тверді частинки осідають під дією сили тяжіння, а освітлена вода повертається у виробничий цикл.

Переваги процесу:

- економія водних ресурсів;
- зменшення навантаження на хвостосховище;
- покращення умов фільтрації.

## Фільтрація

На вакуум-фільтрах відбувається остаточне видалення вологи.

Після фільтрації вологість концентрату становить приблизно 8–10 %, що відповідає вимогам транспортування та складування.

## Технологічні показники роботи схеми

Ефективність технологічної схеми оцінюється за рядом виробничих показників.

Показник	Значення
Вміст Fe у вихідній руді	30–35 %
Вміст Fe у концентраті	65–68 %
Вилучення заліза	80–90 %
Вміст SiO <sub>2</sub> у концентраті	6–8 %
Основний метод збагачення	Магнітна сепарація
Кількість стадій сепарації	4
Вологість концентрату	8–9.4%

Наведені показники свідчать про високу ефективність технологічної схеми та її відповідність сучасним вимогам гірничо-збагачувального виробництва.

## Переваги та недоліки технологічної схеми

### Переваги

1. Високий рівень вилучення заліза.
2. Отримання концентрату високої якості.
3. Можливість переробки значних обсягів руди.
4. Простота та надійність магнітного збагачення.

5. Високий ступінь механізації та автоматизації.
6. Відносно низька собівартість процесів сепарації.
7. Екологічна безпечність порівняно з реагентними методами збагачення.

## **Недоліки**

1. Висока енергоємність подрібнення.
2. Значні витрати на ремонт дробарок та млинів.
3. Втрати тонких частинок магнетиту у хвостах.
4. Необхідність утримання великих хвостосховищ.
5. Значне споживання води.
6. Зростання витрат при поглибленні кар'єру.

## **3.9 Напрями удосконалення технологічної схеми**

Подальший розвиток технології збагачення на Південному ГЗК може здійснюватися за такими напрямками:

- впровадження високоградієнтних магнітних сепараторів;
- використання сучасних систем автоматичного контролю процесів;
- застосування прес-валкового дроблення (HPGR);
- впровадження технологій надтонкого подрібнення;
- повторна переробка хвостів збагачення;
- зменшення енерговитрат шляхом модернізації обладнання;
- збільшення частки оборотного водопостачання.

## **Висновок**

Технологічна схема збагачення залізних руд АТ «Південний ГЗК» є високоефективною системою переробки магнетитових кварцитів, що забезпечує отримання концентрату з вмістом заліза до 68 %. Основу схеми становлять процеси багатостадійного дроблення, подрібнення, класифікації та магнітного збагачення. Аналіз роботи фабрики свідчить про високий ступінь вилучення корисного компонента та стабільну якість готової продукції. Водночас найбільш проблемними залишаються висока енергоємність подрібнення та втрати заліза у хвостах, що визначає основні напрями подальшої модернізації виробництва.

## **Розділ 3 ТЕХНІКА БЕСПЕКИ, ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **3.1 Організація виробництва, техніка безпеки, охорона праці**

Організація виробництва на Південному ГЗК базується на принципах безперервності технологічного процесу, раціонального використання ресурсів та високої продуктивності праці. У структурі комбінату функціонують:

- кар'єрне управління;
- дробильні та збагачувальні фабрики;
- залізничний транспорт;
- ремонтно-механічні цехи;
- енергетичне господарство;
- лабораторії контролю якості;
- допоміжні та сервісні підрозділи.

Для забезпечення стабільної роботи застосовуються сучасні системи планування виробництва, диспетчерського контролю та автоматизації технологічних процесів. Особлива увага приділяється контролю якості продукції відповідно до міжнародних стандартів. На підприємстві діє система управління якістю на основі стандарту ISO 9001.

### **Техніка безпеки на Південному ГЗК**

Гірничодобувна промисловість належить до галузей підвищеної небезпеки. Основними небезпечними факторами є:

- вибухові роботи;
- рух великогабаритної техніки;
- робота на висоті;
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- пиловиділення;

- електричний струм високої напруги;
- рухомі механізми та обладнання.

Для запобігання нещасним випадкам на підприємстві здійснюються такі заходи:

- проведення вступного, первинного, повторного та позапланового інструктажів;
- навчання персоналу безпечним методам роботи;
- перевірка знань з охорони праці;
- контроль технічного стану обладнання;
- використання систем попередження аварій;
- постійний нагляд за виконанням вимог безпеки.

Працівники допускаються до роботи лише після проходження медичного огляду, навчання та перевірки знань з питань охорони праці.

## **Охорона праці на підприємстві**

Охорона праці є одним із головних напрямів діяльності комбінату.

Основна мета системи охорони праці — збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності.

На Південному ГЗК впроваджено міжнародний стандарт системи менеджменту охорони праці та професійного здоров'я ISO 45001:2018. Система базується на виявленні виробничих небезпек, оцінці ризиків і розробці заходів щодо їх мінімізації.

Основними напрямками роботи служби охорони праці є:

- організація безпечних умов праці;
- аналіз виробничих ризиків;
- профілактика травматизму;
- попередження професійних захворювань;

- проведення аудитів безпеки;
- контроль використання засобів індивідуального захисту;
- розслідування причин нещасних випадків.

На підприємстві систематично проводяться семінари, тренінги, конкурси та навчальні заходи з питань безпеки праці та промислової безпеки. Діє система мотивації працівників до безпечної поведінки на робочому місці.

### **Засоби індивідуального захисту**

Для забезпечення безпеки працівників використовуються:

- захисні каски;
- спецодяг і спецвзуття;
- захисні окуляри;
- респіратори;
- рукавиці;
- запобіжні пояси для висотних робіт;
- засоби захисту органів слуху.

Використання засобів індивідуального захисту є обов'язковою умовою виконання робіт у виробничих підрозділах комбінату.

### **Пожежна та екологічна безпека**

На Південному ГЗК значна увага приділяється питанням пожежної безпеки та охорони навколишнього середовища. Для цього проводяться:

- перевірки протипожежного стану об'єктів;
- навчання персоналу діям у надзвичайних ситуаціях;
- контроль стану пожежного обладнання;
- заходи щодо зменшення викидів пилу та шкідливих речовин;
- раціональне використання природних ресурсів.

## Висновок

Південний ГЗК є сучасним гірничо-збагачувальним підприємством із високим рівнем організації виробництва. Ефективна система управління виробничими процесами, дотримання вимог техніки безпеки та впровадження міжнародних стандартів охорони праці забезпечують стабільну роботу комбінату, зниження виробничих ризиків і захист здоров'я працівників. Постійне вдосконалення умов праці, модернізація обладнання та розвиток культури безпеки сприяють підвищенню продуктивності підприємства та його конкурентоспроможності на світовому ринку.

### 3.2. Охорона навколишнього середовища

Проблеми безпеки та покращення умов праці, охорона навколишнього середовища мають виключно важливе значення для підприємства.

Процеси збагачення залізних руд супроводжуються виділенням пилу, надлишкового тепла, шкідливих газів, високими рівнями шуму та вібрації.

Найбільш висока інтенсивність виділення пилу має місце (при роботі подрібнювального обладнання) у місцях перевантажень сипких матеріалів.

Волога виділяється під час роботи збагачувального устаткування (дешламаторов, класифікаторів, магнітних сепараторів, вакуум-фільтрів).

Основними джерелами шуму та вібрації є млини, стрічкові конвеєри, насоси, приводи сепараторів, дешламаторів, вакуум-фільтрів, вентиляторів.

Поліпшення умов праці на збагачувальній фабриці здійснюється за такими основними напрямками:

- удосконалення технологічних процесів виробництва залізорудних концентратів;
- застосування комплексів санітарно-технічних пристроїв;
- розробка та здійснення заходів, що сприяють зниженню шкідливих умов праці.

Для зниження шкідливого впливу підвищеного рівня шуму робочі місця мають бути обладнані звукоізольованими кабінами, операторними пунктами (ДСН 3.3.6.037-99).

Для захисту від впливу вібрації використовуються антивібраційні заходи, що знижують рівень вібрації (ДСН 3.3.6.037-99). Нормальний температурний режим на робочих місцях підтримується відповідно до ДСН 3.3.6.042-99:

- у холодний період за допомогою повітряного та конвективного опалення;
- у теплий час за допомогою припливних систем вентиляції

На робочих місцях та у місцях перевантажень сипких матеріалів застосовується:

- місцева витяжна вентиляція (аспірація) у поєднанні з укриттям та герметизацією обладнання що пилить (ДСТУ Б А.3.2-12:2009 та СП 1042-73);
- аспіраційні системи, що включають аспіраційні укриття перевантажувальних вузлів конвеєрів з пилоприймальними патрубками місцевих відсмоктувачів, систему повітропроводів, пиловловлювачі, тягове обладнання (ДСТУ Б А.3.2-12:2009);

- гідрообезпилювання, що передбачає зменшення інтенсивності пиловиділення шляхом зволоження подрібненої руди, мокре прибирання осілого пилу, а також очищення холостої гілки стрічкових конвеєрів.

Розроблено та використовуються раціональні конструкції аспіраційних укриттів та аспіраційних систем, що дозволяють знизити запиленість повітря до гранично допустимих норм. Наказ МОЗ "Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони" №1192 від 09.07.2024

Змиви підлог разом з технологічними переливами дренажними насосами направляються в технологічний процес.

На комбінаті передбачено оборотне водопостачання. Загальні хвости збагачення прямують у відстійний ставок, тверда частина пульпи хвостів накопичується у відстійнику, вода повертається у процес, таким чином, виключається попадання стоків збагачення до зовнішніх водойм відповідно до вимог «Водного кодексу України» №214/95-ВР від 06.06. .

Охорону ґрунтів від забруднень, утилізацію або розміщення відходів виробництва, що утворюються у процесі виробництва, проводять відповідно до вимог ДСТУ 4462.3.01:2006, ДСТУ 4462.3.02.:2006 та Закон України Про управління відходами 2320-ІХ від 20 червня 2022 р

## **Висновок**

У дипломній роботі було проведено дослідження виробничої діяльності АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат», проаналізовано сировинну базу підприємства, технологічну схему підготовки та

збагачення магнетитових кварцитів, а також розглянуто питання охорони праці, техніки безпеки та охорони навколишнього середовища.

У першому розділі наведено загальну характеристику АТ «Південний ГЗК». Встановлено, що підприємство є одним із найбільших виробників залізорудної сировини в Україні та має значну сировинну базу, представлену магнетитовими кварцитами Криворізького залізорудного басейну. Розглянуто геологічну будову родовища, умови залягання корисних копалин та особливості їх промислового освоєння. Проведений аналіз показав, що якість сировини та запаси родовища забезпечують стабільну роботу комбінату на тривалий період.

У другому розділі виконано аналіз технологічної схеми підготовки та збагачення магнетитових кварцитів. Розглянуто основні стадії технологічного процесу, які включають дроблення, подрібнення, класифікацію та магнітне збагачення руди. Встановлено, що діюча технологічна схема дозволяє отримувати високоякісний залізорудний концентрат із необхідним вмістом заліза та забезпечує ефективне використання мінеральних ресурсів. Аналіз роботи технологічного обладнання показав, що застосування сучасних методів збагачення сприяє підвищенню продуктивності підприємства та покращенню техніко-економічних показників виробництва.

У третьому розділі розглянуто питання організації виробництва, техніки безпеки та охорони праці на підприємстві. Встановлено, що на АТ «Південний ГЗК» впроваджена система управління охороною праці, яка спрямована на запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням. Особлива увага приділяється навчанню працівників, контролю технічного стану обладнання, використанню засобів індивідуального захисту та дотриманню вимог промислової безпеки під час виконання гірничих робіт.

Також проаналізовано заходи з охорони навколишнього середовища. Визначено, що підприємство здійснює комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу виробничої діяльності на атмосферне повітря, водні ресурси та земельні угіддя. Використання сучасних систем пилопригнічення, очищення викидів та раціонального використання природних ресурсів сприяє підвищенню рівня екологічної безпеки виробництва.

Отже, проведене дослідження підтвердило ефективність існуючої технологічної схеми збагачення магнетитових кварцитів на АТ «Південний ГЗК». Підприємство має потужну сировинну базу, сучасне технологічне обладнання та розвинену систему управління виробничими процесами. Дотримання вимог охорони праці, техніки безпеки та екологічних норм забезпечує безпечне ведення виробництва, підвищення продуктивності праці та конкурентоспроможності продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

### **1. ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ ТІ 275-05.03-2024**

2. Білецький В.С., Олійник Т.А., Смирнов В.О., Скляр Л.В. Основи техніки та технології збагачення корисних копалин : навч. посібн. Київ: Видавництво Ліра-К 2020. 634 с.  
(<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/d9d9ed68-5767-4926-a3b3-5f3d0cfb958c/content> )

3. Пілов П.І. Проектування збагачувальних фабрик залізних руд: навч. посіб. Дніпро: Пороги, 2021. 239 с.

4. Ніколаєнко К.В., Олійник Т.А., Прилипенко В.Д. Магнітні та електричні методи збагачення корисних копалин: підручник, К. : Фенікс, 2010. 368 с.

5. Пілов П.І. Гравітаційні методи збагачення корисних копалин: Навч. підручник, Дніпро: Пороги, 2021. 152 с.
6. Младецький І.К, Пілов П.І. Технологічні розрахунки показників збагачення корисних копалин. Навч. посібник. – Д.: НГУ, 2005. – 156с.
7. Смирнов В.О., Сергєєв П.В., Білецький В.С. Технологія збагачення вугілля : навч. посіб. Донецьк: Східний видавничий дім, 2011. 476 с. (<https://core.ac.uk/download/pdf/162876092.pdf>).
8. Техніка та технологія збагачення корисних копалин: Частина І. Підготовчі процеси, В.С. Білецький та ін. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2019. 200 с. (<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/3ac43514-3887-436f-99b4-c0566258d799/content>)
9. Техніка та технологія збагачення корисних копалин: Частина ІІ. Основні процеси, В.С. Білецький та ін. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2019. 212 с. (<http://lib.ktu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/07/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0-2.pdf> )
10. Техніка та технологія збагачення корисних копалин: Частина ІІІ. Заключні процеси. В.С. Білецький та ін. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2019. 230 с. (<https://core.ac.uk/download/pdf/287920657.pdf> )
11. Гірничий енциклопедичний словник : в 3 т. Донецьк : Східний видавничий дім, 2001.
12. Освітньо-професійна програма «Збагачення корисних копалин» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, галузь знань 18 Виробництво та технології, спеціальність 184 Гірництво. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»». 2024.
13. Положення про проведення практики здобувачів вищої освіти вищих навчальних закладів України : наказ Міністерства освіти України від 08.04.1993 р. № 93. Дата оновлення: 20.12.1994.

[URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0035-93#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0035-93#Text) (дата звернення: 12.05.2025).

14. ПОЛОЖЕННЯ про організацію проведення практики здобувачів вищої освіти у ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

URL: <https://metinvest.university/data/file/fd/cb/fdcbb2c04f46498abf7fb8633e03bead.pdf> (дата звернення: 20.03.2025).

15.ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

16. Положення про організацію освітнього процесу у ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

URL: <http://surl.li/jqhwek> (дата звернення: 11.05.2023).

17.Робоча програма виробничої практики за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів «Відкрита розробка родовищ» (спеціальність 184 «Гірництво») / уклад.: І. Є. Григор'єв, Ю. І. Григор'єв. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 27 с

19. Azaryan, V.A. (2007). Tseli i zadachi sozdaniya kompleksnoy sistemy upravleniya kachestvom rud v rudopotokakh kar'yerov. Razrabotka rudnykh mestorozhdeniy, 91, 207–209.

20. Azaryan, A. Use of Bourger Lambert Bera law for the operative control and quality management of mineral raw materials // A. Azaryan, V. Azaryan. Metallurgical and Mining Industry. 2015. No. 1. P.4-9.

Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Issue 3/5 (99), 29-35. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.170341A. Azaryan A., Gritsenko, A. Trachuk, V. Serebrenikov, D. Shvets.

21. Azaryan, V. A., & Zhukov, S. A. (2017). Obosnovanie perioda oprobovaniya zaboev kar'yera. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu, 51, 8–18.