

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ГІРНИЧО - МЕТАЛУРГІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**КАФЕДРА ЗБАГАЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН І ХІМІЇ**

**Пояснювальна записка**  
**до випускної магістерської роботи**

зі спеціальності (184) Гірництво

Тема роботи: «Розробка нової технології збагачення некондиційних руд  
підземного видобутку Кривбасу»

Виконав магістрант групи ЗКК-23-м \_\_\_\_\_ / Рева А.О. /

Керівник випускної роботи / Олійник Т.А. /

Нормоконтролер / Олійник Т.А. /

Завідувач кафедри / Олійник Т.А. /

Кривий Ріг

2024 рік

## Криворізький національний університет

**Факультет:** гірничо-металургійний

**Кафедра:** збагачення корисних копалин і хімії

**Ступінь вищої освіти:** магістр

**Спеціальність:** 184 «Гірництво»

**освітньо-професійна**

**програма:** «Збагачення корисних копалин»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедру ЗККіХ**

**Олійник Т. А.**

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**на магістерську роботу студенту**

**Реві Анастасії Олександрівні**

**1. Тема:** «Розробка нової технології збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу».

**Керівник кваліфікаційної роботи:** Олійник Тетяна Анатоліївна, д.т.н., професор наказом по КНУ “28” лютого 2024 року № 184с \_\_\_\_

**2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи** «18» листопада 2024 р.

**3. Вихідні дані до роботи** Розробити нову технологію збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки**

Вступ.

1. Аналіз сучасного стану технологічного завдання. 2. Дослідження хімічного, мінералогічного складу руди, її фізико-механічних властивостей і розробка методики проведення досліджень в лабораторних і напівпромислових умовах.

3. Результати технологічних досліджень. 4. Рекомендована схема збагачення руд підземного видобутку Кривбасу. 5. Цивільна безпека та охорона праці 6. Розрахунок економічного ефекту. Загальні висновки. Список використаних джерел.

**5. Перелік графічного матеріалу:** матеріали виконані у форматі А4 в редакторі Microsoft Office PowerPoint.

**6. Консультанти розділів роботи**

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|---|----------------|------------------|
|        |   | Завдання видав | Завдання прийняв |
| 1 - 6  | Олійник Т. А., д.т.н., професор           |                |                  |
| 5      | Лапшин О.Є., д.т.н., професор             |                |                  |
| 7      | Олійник Т. А., д.т.н., професор           |                |                  |

7. Дата видачі завдання 31 серпня 2024р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| №  | Етапи роботи   | Термін виконання      |
|----|--|-----------------------|
| 1  | Аналіз сучасного стану технологічного завдання   | 31.08.2024-07.09.2024 |
| 2  | Дослідження хімічного, мінералогічного складу руди, її фізико-механічних властивостей і розробка методики проведення досліджень в лабораторних і напівпромислових умовах | 08.09.2024-14.09.2024 |
| 3  | Результати технологічних досліджень  | 15.09.2024-22.09.2024 |
| 4  | Рекомендована технологічна схема   | 23.09.2024-30.09.2024 |
| 5  | Охорона праці та цивільна безпека  | 01.10.2024-16.11.2024 |
| 6  | Економічна частина   | 17.10.2024-28.11.2024 |
|    |  |                       |
| 7  | Перевірка роботи на академічну доброчесність   | 1.12.2024             |
| 8  | Підготовка доповіді. Розробка презентації доповіді   | 2.12.2024-9.12.2024   |
| 9  | Попередній захист роботи   | 10.12.2024            |
| 10 | Захист роботи  | 18.12.2024            |

Студент \_\_\_\_\_

Рева А.О..

Керівник роботи \_\_\_\_\_

Олійник Т. А.



## РЕФЕРАТ

Випускова магістерська робота містить 157 сторінки, 50 таблиць, 32 рисунків. Використано 34 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – технології збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу.

Мета роботи – розробка гравітаційно-магнітної технології збагачення технології збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу».

Досліджено мінералогічний, хімічний склад некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу, процесів їх подрібнення та збагачення..

Розроблено методику проведення досліджень в лабораторних та напівпромислових умовах.

Обґрунтовано технологічну схему збагачення некондиційних руд Кривбасу, виконано її розрахунок. Запропоновано обладнання для забезпечення технологічного процесу і виконано його розрахунок.

В технології забезпечено можливість отримання з гематитової руди з масовою часткою заліза (44,3-52,81)% двох видів товарної продукції: перша - товарний залізорудний концентрат крупністю 1-0 мм з масовою часткою заліза загального (65,48-65,8)% і SiO<sub>2</sub> (4,8-5,97) % і друга – товарний залізорудний концентрат крупністю 0,071-0 мм із часткою загального заліза (65,8 - 67,81)% і SiO<sub>2</sub> (3,25-5,2)%.

За умовами цін від 1200 грн/т до 1650 грн/т (від -20% до +10% щодо поточної прийнятої ціни) залізорудний концентрат К1 (з масовою часткою заліза загального 65,48 %) є найбільш оптимальною для реалізації товарною продукцією, то надалі оптимальним ставати і концентрат К2 з якістю 64,36%. Будівництво рудопідготовчого комплексу та збагачувальної фабрики та реалізація концентратів К1 та К2 забезпечує значно більший приріст NPV..

ЗАЛІЗНА РУДА, КОРИСНИЙ КОМПОНЕНТ, ЗБАГАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ, МАГНІТНА СЕПАРАЦІЯ, ГРАВІТАЦІЯ, ЩІЛЬНІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, СЕПАРАТОР ПОЛІГАРМОНІЧНИЙ ГРАВІТАЦІЙНИЙ, ГВИНТОВИЙ СЕПАРАТОР, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ВИХІД, ВИЛУЧЕННЯ, МАСОВА ЧАСТКА, ВИХІД, КОНЦЕНТРАТ.

|    |  |          |    |  |                            |    |   |        |
|----|--|----------|----|--|----------------------------|----|---|--------|
|    |  |          |    |  | КНУ.РМ.184.24.184с.07.00.Р |    |   |        |
|    |  | № докум. | Пі |  |                            |    |   |        |
|    |  | Рева     |    |  | Реферат                    | Лі | А | Аркуші |
|    |  | Олійник  |    |  |                            |    | 1 | 1      |
| Н. |  | Олійник  |    |  | ЗКК-23м                    |    |   |        |
|    |  | Олійник  |    |  |                            |    |   |        |

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП .....   | 8  |
| Розділ 1 Аналіз сучасного стану збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу.....   | 10 |
| 1.1. Сучасний стан збагачення некондиційних руд.....  | 10 |
| 1.2. Аналіз складу некондиційної руди КРИВБАСУ .....  | 14 |
| 1.3. Сучасні технології збагачення ГЕМАТИТ-мартитових руд Криворізького басейну .....   | 19 |
| 1.4. Види магнітних сепараторів для слабомагнітних руд .....  | 23 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 .....   | 28 |
| РОЗДІЛ 2 Дослідження хімічного, мінералогічного складу руди, її фізико-механічних властивостей і розробка методики проведення досліджень в лабораторних і напівпромислових умовах ..... | 29 |
| 2.1 Дослідження хімічного, мінералогічного складу руди, її фізико-механічних властивостей.....  | 29 |
| 2.1.1 Мінеральний склад некондиційних руд .....   | 29 |
| 2.1.2. Результати хімічного аналізу .....   | 46 |
| 2.2. Фізичні властивості руди .....   | 52 |
| 2.3. Результати гранулометричного аналізу матеріалу проби некондиційної руди, подрібненої до різної крупності .....   | 52 |
| 2.4 Методика проведення досліджень в лабораторних умовах .....  | 55 |
| 2.5 Методика проведення досліджень у напівпромислових умовах. ....  | 57 |
| РОЗДІЛ 3 Результати технологічних досліджень.....   | 62 |
| 3.1. Подрібнюваність, схильність мінералів до передрібнення та утворення шламів.....  | 62 |
| 3.2 Расчет производительности проектируемой мельницы.....   | 65 |
| 3.3. Результати магнітного аналізу проби некондиційної руди .....   | 67 |
| 3.4 Результати гравітаційного збагачення руди.....  | 71 |
| 3.5 Результати випробувань у напівпромислових умовах .....  | 75 |
| Висновки до розділу 3 .....   | 83 |
| РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБАГАЧЕННЯ НЕКОНДИЦІЙНОЇ РУДИ ПІДЗЕМНОГО ВИДОБУТКУ КРИВБАСУ .....  | 86 |
| 4.1. Рекомендована схема підготовки руди до збагачення .....  | 86 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.2. Рекомендована технологічна схема глибокого збагачення руд шахти “ЮВІЛЕЙНА” ..... | 93  |
| 4.2.1. Технологічна схема магнітного збагачення руди.....                             | 93  |
| 4.2.2. Схема з гравітаційним доведенням концентрату магнітного збагачення .....       | 103 |
| 4.3. Характеристика кінцевих продуктів збагачення .....                               | 115 |
| 4.4. Вибір і розрахунок технологічного обладнання .....                               | 121 |
| 4.5 Конструктивно-компонувальні рішення .....   | 138 |
| РОЗДІЛ 5. Охорона праці та цивільна безпека .....                                     | 146 |
| РОЗДІЛ 6 Техніко-економічна оцінка (ТЕО) розробленої технології ....                  | 148 |
| Загальні висновки.....  | 151 |
| Список використаних джерел.....   | 156 |

## ВСТУП

*Актуальність питання.* Окислені залізисті кварцити Кривбасу, крім окремих покладів, як правило, є супутніми при видобутку магнетитових руд. Дотепер, як при підземному, так і при кар'єрному відкритому видобутку, окислені руди складаються у відвалах, що займають величезні території вільних орних земель.

Витрачено колосальні засоби на розробку й транспортування сотень мільйонів тон розкривних мас, де більшу половину представляють окислені залізисті кварцити, що мають товарну цінність. Однак непродумане, безсистемне складування розкривних мас протягом багатьох років звело нанівець використання більшості існуючих відвалів, як вторинна сировина для збагачення окислених руд. Зважаючи на те, що в Криворізькому басейні запаси багатих магнетитових руд вичерпуються, використання окислених залізистих кварцитів для підтримки металургійних комплексів України стало реальною неминучістю.

Тому, розробка технології збагачення гематитових руд з застосуванням нового обладнання є вельми актуальним науково-практичним завданням.

*Зв'язок роботи з науковими програмами.* Розуміючи важливість проблеми якості для всього горно-металургійного комплексу та України в цілому, яка орієнтована на вступ у ВТО та ЄЕС, ДАК «Укррудпром» була ініційована розробка на горно-видобувних підприємствах систем управління якістю і, спільно з галузевими інститутами розроблена і затверджена галузева програма якості *«Створення і випробування ефективних технологій та обладнання для отримання високоякісних залізородних концентратів, окатишів і агломератів, що забезпечують енергозбереження та підвищення конкурентоспроможності залізородної сировини на підприємствах гірничо-металургійного комплексу України»*.

Деякі напрямки програми якості в той або іншій мірі вже реалізовані, за багатьма напрямками ведуться дослідження та розробки.

Новим напрямком удосконалення технології збагачення гематитових кварцитів являється застосування полігармонічного гравітаційного сепаратору з магнітним полем, що біжить. Напівпромислові випробування цих сепараторів показали високу ефективність їх застосування. Наше дослідження направлено на доведення можливості застосування цього сепаратору для гематитових руд підземного видобутку Кривбасу.



*Мета і завдання дослідження.*

Метою даної роботи була розробка нової технології а саме полігармонічної гравітаційної сепарації для збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу.

Завдання досліджень:

- проаналізувати сучасний стан збагачення окислених руд та виявити перспективні напрямки підвищення якості концентратів;
- розробити методику проведення досліджень;
- виконати лабораторні дослідження з збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу;
- розробити ефективну технологію збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу;
- виконати техніко-економічне обґрунтування розробленої технології;
- розробити заходи з охорони праці.

*Наукова новизна одержаних результатів.*

- встановлені закономірності полігармонічної гравітаційної сепарації для збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу, які визначають якість гематитового концентрату та дозволяють обґрунтовано обирати способи раціонального збагачення гематитових кварцитів.

*Практичне значення отриманих результатів*

Підвищення вмісту заліза у концентраті з 64,24 до 68 % приводить до зменшення сумарних витрат на 1 т чавуну з 87,57 до 69,3 долл. США. При питомих витратах концентрату (з вмістом 68,0 % заліза), рівних 1,593 т/т, витрати на 1 т чавуну зменшаться на 2,41 долл. США на кожний процент підвищення вмісту заліза у концентраті. Крім цього, зростання якості концентрату в означених межах дасть можливість зменшити витрати флюсів з 221,6 до 102,1 кг на 1 т чавуну. До тепер надбавка за кожний процент збільшення вмісту заліза у концентраті складає всього 0,23 долл. США на 1 т.

*Особистий внесок здобувача* полягає в огляді та аналізі науково-технічної і патентної документації за напрямом дослідження, обґрунтуванні напрямів і методів вирішення поставлених завдань, виконанні комплексу експериментальних і модельних досліджень, обробці, аналізі та узагальненні отриманих результатів, а також їх апробації, формування висновків.

Апробація. Результати роботи доповідалися на засіданнях кафедри збагачення корисних копалин хімії.

*Структура і обсяги роботи.* Робота складається зі вступу, 6 розділів і висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел у кількості 34 штук. Робота викладена на 157 сторінках машинописного тексту і містить 32 рисунків і 50 таблиць

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗБАГАЧЕННЯ НЕКОНДИЦІЙНИХ РУД ПІДЗЕМНОГО ВИДОБУТКУ КРИВБАСУ

### 1.1. СУЧАСНОЇ СТАН ЗБАГАЧЕННЯ НЕКОНДИЦІЙНИХ РУД

Видобуток і збагачення руд у Криворізькому басейні має багату історію, яка охоплює більш ніж двохсотлітній період. [1] Кривбас, як один із найважливіших центрів видобутку залізної руди, відомий своїми значними покладами гематит-мартитових руд, які мають високий вміст заліза. Спочатку такі руди добувалися для прямого використання в металургійному виробництві, але в ході розвитку технологій і зростання попиту на залізорудну сировину виникла потреба в попередній обробці, зокрема дробленні та сортуванні, для отримання більш високоякісної руди.

#### *1.1.1. Початковий етап видобутку та використання.*

На ранніх етапах освоєння Кривбасу, багаті залізні руди, в основному гематит-мартитові, використовувалися переважно без попереднього збагачення. Це було можливо завдяки високому вмісту заліза, що дозволяло застосовувати їх безпосередньо в доменних печах. У першій половині ХХ століття вітчизняні металургійні заводи забезпечувалися цими ресурсами, що стимулювало активний розвиток видобутку. На той час видобування руди здійснювалося як відкритим, так і підземним способом, що було зумовлено геологічними умовами залягання рудних тіл.

Створення дробарно-сортувальних фабрик (ДСФ) з другої половини ХХ століття почалося масове впровадження дробарно-сортувальних фабрик (ДСФ) безпосередньо біля шахт, де видобувалися залізні руди. Вони були спрямовані на підвищення якості товарної руди, що подавалася на металургійні комбінати. Завдяки дробарно-сортувальним фабрикам зменшувалася кількість відходів, а також забезпечувалася можливість одержання агломераційної сировини для доменного виробництва. ДСФ займалися первинною обробкою руди, яка включала її подрібнення та відокремлення порожньої породи від рудної маси. Цей процес був особливо важливим у зв'язку зі зростанням потреб металургійної промисловості в чистій руді. У 1970-ті роки, в період найбільшого розквіту видобутку, Кривбас досягав річного видобутку багаті залізної руди на рівні 49 млн. тонн. Це було частиною загального розвитку промисловості, яка активно зростала в післявоєнні роки. Таке інтенсивне виробництво сприяло не лише задоволенню потреб внутрішнього ринку, а й виходу на зовнішній ринок. Технологічні зміни в підходах до збагачення збагачення руд із використанням ДСФ було орієнтоване на відділення некондиційних фракцій. На той час збагачення здійснювалося методом грохотіння, де некондиційна фракція з низьким вмістом заліза (близько 39-46%) відокремлювалася від основної маси руди. Такі матеріали накопичувалися у відвалах, що з часом створило значні запаси техногенної сировини, придатної для вторинної переробки. Великий обсяг відходів і низький коефіцієнт вилучення корисного компонента в процесі збагачення призвели до виникнення

проблеми нагромадження некондиційної сировини. [2] Протягом 1988-2003 років у відвалах Кривбасу накопичилося понад 22 млн тонн відходів, які мали середній вміст заліза 43,7%. Ця ситуація зумовила активний пошук нових технологій і підходів для обробки відходів і некондиційних руд, адже використання таких ресурсів дозволяло б зменшити потребу в природних залізородних покладах.

Спад видобутку та зміни у технологічному підході Починаючи з 1990-х років, видобуток багатих руд значно скоротився через економічні та політичні труднощі, що вплинули на промисловість у країні. Цей період також ознаменувався зниженням техніко-економічних показників роботи шахт Криворізького басейну. У результаті більшість фабрик і обладнання, що були введені в експлуатацію ще у 1960-1970-х роках, поступово втратили свою ефективність і потребували модернізації. Сучасні підходи та перспективи розвитку збагачення Сьогодні, в умовах приватизації більшості шахт і кар'єрів Кривбасу, а також відсутності державних інвестицій, активно розглядається можливість залучення техногенних відходів, накопичених у відвалах, для повторного збагачення.

Видобуток і збагачення руд у Криворізькому басейні має багату історію, яка охоплює більш ніж двохсотлітній період. Кривбас, як один із найважливіших центрів видобутку залізної руди, відомий своїми значними покладами гематит-мартитових руд, які мають високий вміст заліза. Спочатку такі руди добувалися для прямого використання в металургійному виробництві, але в ході розвитку технологій і зростання попиту на залізородну сировину виникла потреба в попередній обробці, зокрема дробленні та сортуванні, для отримання більш високоякісної руди.

Початковий етап видобутку та використання На ранніх етапах освоєння Кривбасу, багаті залізні руди, в основному гематит-мартитові, використовувалися переважно без попереднього збагачення. Це було можливо завдяки високому вмісту заліза, що дозволяло застосовувати їх безпосередньо в доменних печах.

У першій половині ХХ століття вітчизняні металургійні заводи забезпечувалися цими ресурсами, що стимулювало активний розвиток видобутку. На той час видобування руди здійснювалося як відкритим, так і підземним способом, що було зумовлено геологічними умовами залягання рудних тіл.

Створення дробарно-сортувальних фабрик (ДСФ). З другої половини ХХ століття почалося масове впровадження дробарно-сортувальних фабрик (ДСФ) безпосередньо біля шахт, де видобувалися залізні руди. Вони були спрямовані на підвищення якості товарної руди, що подавалася на металургійні комбінати. Завдяки дробарно-сортувальним фабрикам зменшувалася кількість відходів, а також забезпечувалася можливість одержання агломераційної сировини для доменного виробництва. ДСФ займалися первинною обробкою руди, яка включала її подрібнення та відокремлення порожньої породи від рудної маси.

Цей процес був особливо важливим у зв'язку зі зростанням потреб металургійної промисловості в чистій руді. У 1970-ті роки, в період найбільшого розквіту видобутку, Кривбас досягав річного видобутку багаті залізної руди на рівні 49 млн. тонн. Це було частиною загального розвитку промисловості, яка активно зростала в післявоєнні роки. Таке інтенсивне виробництво сприяло не лише задоволенню потреб внутрішнього ринку, а й виходу на зовнішній ринок.

Технологічні зміни в підходах до збагачення.

Збагачення руд із використанням ДСФ було орієнтоване на відділення некондиційних фракцій. На той час збагачення здійснювалося методом грохочення, де некондиційна фракція з низьким вмістом заліза (близько 39-46%) відокремлювалася від основної маси руди. Такі матеріали накопичувалися у відвалах, що з часом створило значні запаси техногенної сировини, придатної для вторинної переробки. Великий обсяг відходів і низький коефіцієнт вилучення корисного компонента в процесі збагачення призвели до виникнення проблеми нагромадження некондиційної сировини.

Протягом 1988-2003 років у відвалах Кривбасу накопичилося понад 22 млн тонн відходів, які мали середній вміст заліза 43,7%. Ця ситуація зумовила активний пошук нових технологій і підходів для обробки відходів і некондиційних руд, адже використання таких ресурсів дозволяло б зменшити потребу в природних залізородних покладах. Спад видобутку та зміни у технологічному підході Починаючи з 1990-х років, видобуток багатих руд значно скоротився через економічні та політичні труднощі, що вплинули на промисловість у країні. Цей період також ознаменувався зниженням техніко-економічних показників роботи шахт Криворізького басейну. У результаті більшість фабрик і обладнання, що були введені в експлуатацію ще у 1960-1970-х роках, поступово втратили свою ефективність і потребували модернізації.

Сучасні підходи та перспективи розвитку збагачення. Сьогодні, в умовах приватизації більшості шахт і кар'єрів Кривбасу, а також відсутності державних інвестицій, активно розглядається можливість залучення техногенних відходів, накопичених у відвалах, для повторного збагачення.

Після 1990-х років обсяги видобутку якісної залізної руди в Криворізькому басейні почали поступово зменшуватися. Це було викликано низкою економічних, політичних та соціальних факторів, які глибоко змінили структуру гірничодобувної промисловості України. Такий спад у видобутку якісної сировини з часом призвів до виснаження основних покладів багатих залізних руд і погіршення їхньої якості. Ситуація стала стимулом для пошуку нових методів збагачення некондиційної сировини, що дозволило б задовольнити попит на рудну продукцію за допомогою вторинних джерел, а також ефективніше використовувати наявні ресурси.

### *1.1.2. Причини спаду видобутку якісної руди після 1990-х років.*

Екологічні обмеження: Строгі екологічні вимоги обмежують можливість використання старих технологій видобутку та збагачення. Сучасні

підприємства зобов'язані враховувати вплив на довкілля, що зменшує обсяги видобутку високоякісної руди.

Зміни у внутрішній економічній ситуації: 1990-ті роки стали періодом економічної кризи, яка охопила промисловий сектор України. Зниження внутрішнього попиту на залізну руду, нестабільність цін і відсутність державних дотацій сприяли скороченню виробничих потужностей. Падіння прибутковості рудних компаній знижувало можливість для інвестицій у розробку нових родовищ, підтримку інфраструктури і модернізацію обладнання.

Виснаження покладів багатих руд: Кілька десятиліть інтенсивного видобутку багатих залізних руд привели до вичерпання основних ресурсів, придатних для прямого використання в металургії без додаткової обробки. Відтак більша частина видобуваних руд ставала менш якісною, знижувався вміст заліза і зростала частка домішок. Це створювало потребу у складніших технологіях для забезпечення рентабельного використання видобутого матеріалу.

Погіршення техніко-економічних показників роботи шахт: Більшість шахт Криворізького басейну були введені в експлуатацію у 1960-1970-х роках, і на момент 1990-х вже морально і фізично застаріли. Потреба в модернізації обладнання і заміни зношеної техніки стала очевидною, але через фінансові труднощі ці заходи не були реалізовані на належному рівні. Як наслідок, зниження ефективності видобутку і зростання собівартості виробництва також зменшили рентабельність багатьох шахт.

Нагромадження некондиційної сировини як наслідок спаду. Погіршення якості видобутої руди і обмежені можливості її переробки призвели до накопичення великої кількості некондиційної сировини. Протягом 1988-2003 років у відвалах Кривбасу утворилося понад 22 млн тонн такої сировини із середнім вмістом заліза близько 43,7%. Некондиційна руда містила фракції, вміст заліза у яких варіював від 39% до 46%. У той час, коли багаті залізні руди вже були практично вичерпані, на відвалах накопичувалася значна кількість матеріалу, що в подальшому міг би слугувати потенційною сировиною після належного збагачення.

Перспективи збагачення некондиційної сировини. У нових умовах увага почала спрямовуватися на повторну обробку некондиційних руд, що раніше не використовувалися. Пошук методів збагачення зосередився на використанні існуючих відвалів, які утворилися в процесі видобутку, та на залученні малозбагачених або окислених залізних руд. Це дозволило б частково компенсувати нестачу якісної руди для металургійної промисловості та зменшити екологічне навантаження на регіон за рахунок повторного використання відходів.

Сучасні технології збагачення некондиційної сировини. Некондиційні руди мають специфічний склад, який потребує спеціалізованих технологій обробки. У цьому контексті доцільним є використання методів, що можуть ефективно

вилучати залізо навіть із матеріалів, які раніше вважалися нерентабельними для збагачення. Одним із таких методів є суха магнітна сепарація, яка дозволяє ефективно збагачувати слабомагнітні гематит-мартитові руди.

Сучасні магнітні сепаратори високої інтенсивності, зокрема на основі постійних магнітів Nd-Fe-B, стали ключовими у збагаченні такої сировини, оскільки забезпечують належний рівень вилучення заліза навіть при невисокій магнітній сприйнятливості матеріалу. Економічна і екологічна доцільність вторинного збагачення

Використання некондиційної сировини має кілька переваг. З одного боку, це дозволяє скоротити потребу у видобутку нових руд, що знижує витрати на розвідку і розробку нових родовищ. З іншого боку, повторне використання відходів збагачення і видобутку сприяє зниженню екологічного навантаження, оскільки зменшується обсяг відвалів і, відповідно, потреба у нових площах для складування.

За різними оцінками, на даний момент у відвалах Кривбасу міститься від 10 до 13 млрд тонн некондиційних руд, що є вагомим техногенним резервом для повторного використання.

Переваги та виклики збагачення некондиційної руди. Незважаючи на значний потенціал, збагачення некондиційних руд також має свої труднощі. Зокрема, через складний речовинний склад руди і значну варіативність вмісту заліза в різних фракціях, процес збагачення потребує ретельного контролю і адаптації під специфічні умови сировини. Крім того, магнітна сепарація некондиційних руд вимагає інноваційного підходу до конструювання сепараторів та оптимізації їх роботи для отримання максимального виходу залізозмісного концентрату. Зважаючи на усі обставини, спад видобутку якісної руди в Криворізькому басейні став стимулом для розвитку технологій збагачення некондиційної сировини.

Сучасний розвиток у цьому напрямку дозволяє розглядати некондиційні руди як додаткове джерело залізорудної сировини, що має важливе значення для підтримки і розвитку металургійної промисловості України в нових економічних умовах.

## 1.2. АНАЛІЗ СКЛАДУ НЕКОНДИЦІЙНОЇ РУДИ КРИВБАСУ

Некондиційні руди, що утворилися в результаті видобутку в Криворізькому басейні, містять значні обсяги залізозмісних фракцій, які за якісними показниками відрізняються від руд високого класу. Незважаючи на відносно нижчий вміст заліза, такі руди мають важливий потенціал, оскільки значна частина залізозмісних компонентів, що містяться у них, може бути вилучена і використана як сировина для агломераційного чи доменного виробництва. Це робить питання їхнього збагачення актуальним з економічної та екологічної точок зору, адже подальша переробка некондиційних руд дозволить залучити до промислового циклу ресурси, які раніше накопичувалися у відвалах, підвищуючи екологічне навантаження.

### *1.2.1. Особливості некондиційних руд Кривбасу*

Некондиційні руди з Криворізького басейну утворилися переважно внаслідок виділення порід з низьким вмістом заліза при первинному дробленні і сортуванні рудної маси на дробарно-сортувальних фабриках. У процесі видобутку гематит-мартитових руд відбувалося відокремлення дрібних і крупних некондиційних фракцій, в яких вміст заліза варіював у межах від 39% до 46%, що є нижчим за прийнятий стандарт для товарної залізної руди. Крім того, некондиційні руди Кривбасу характеризуються полікомпонентним складом і містять не лише залізо, але й інші мінерали та домішки, які в певних випадках також можуть мати промислову цінність. Ця суміш рудних та породних фракцій створює додаткові виклики для технології збагачення, оскільки обробка такого матеріалу потребує адаптованих методів, здатних ефективно відділяти корисні компоненти від пустої породи. Накопичення некондиційної сировини та потенційні запаси

Протягом десятиліть видобутку в Кривбасі відбувалося накопичення великої кількості некондиційної сировини. Лише в період 1988-2003 років у відвалах було утворено близько 22 млн тонн некондиційної руди із середнім вмістом заліза 43,7%. На сьогодні загальні обсяги некондиційних руд, що містяться у відвалах Криворізького басейну, за різними оцінками, становлять від 10 до 13 млрд тонн. Цей матеріал накопичується переважно біля шахт і кар'єрів, утворюючи відвали, які займають значні території. З точки зору економічної ефективності та охорони довкілля, переробка цієї сировини є перспективним напрямом, оскільки дозволяє зменшити залежність від видобутку нових покладів і одночасно скоротити обсяги нагромаджених відходів.

Необхідність розвитку технологій збагачення некондиційних руд. Через те, що некондиційні руди мають нижчий вміст заліза, вони потребують спеціальних методів збагачення, які забезпечують достатній рівень вилучення корисних компонентів із сировини. Основною метою цих технологій є підвищення вмісту заліза в кінцевому продукті до рівня, який зробить його придатним для подальшого промислового використання. На сучасному етапі найбільш перспективним напрямком є збагачення некондиційних руд методами магнітної сепарації. Оскільки значна частина некондиційних руд Кривбасу має слабкі магнітні властивості, їхнє збагачення потребує обладнання з високою інтенсивністю магнітного поля та здатного ефективно відокремлювати залізозмісні фракції навіть при невеликій різниці в магнітній сприйнятливості між рудою та порожньою породою.

Сучасні технології збагачення некондиційних руд. Одним із найефективніших методів збагачення некондиційної сировини є суха магнітна сепарація, яка дозволяє обробляти крупні рудні фракції, уникати витрат на водні ресурси і знижувати екологічне навантаження.

Магнітні сепаратори для такої обробки оснащуються високоефективними постійними магнітами з високою індукцією, що забезпечують належну

продуктивність навіть для слабомагнітних руд. Відповідні магнітні системи створюються на основі неодим-залізо-борових (Nd-Fe-B) магнітів, які мають високу енергію магнітного поля. Це дозволяє досягти необхідного рівня індукції для вилучення залізовмісних фракцій з некондиційних руд, що має особливу цінність у контексті збагачення низькоякісних сировинних матеріалів. Іншим перспективним методом є гравітаційно-магнітне збагачення, яке застосовується для обробки некондиційних руд, що містять важкі домішки.

Завдяки поєднанню гравітаційної обробки, яка дозволяє попередньо відокремити важкі частинки, та магнітної сепарації, цей метод є ефективним для вилучення залізовмісних компонентів із руди, що має неоднорідний склад. У деяких випадках також застосовують комбіновані методи, що поєднують магнітне і гравітаційне збагачення з іншими технологіями, наприклад флотацією або термообробкою, для забезпечення високої якості кінцевого продукту.

Обладнання для збагачення некондиційних руд. Сучасне обладнання для збагачення некондиційних руд включає різноманітні типи сепараторів, що розрізняються за принципом дії, інтенсивністю магнітного поля і здатністю обробляти сировину різної крупності. У Кривбасі на практиці знайшли застосування барабанні та роликові магнітні сепаратори, які здатні працювати з великими обсягами руди і забезпечувати високу ефективність збагачення навіть для слабомагнітних матеріалів.

Також використовуються стрічкові магнітні сепаратори, що дозволяють досягати високих значень магнітної індукції на робочій поверхні. Такі сепаратори використовуються для обробки матеріалів дрібної та середньої крупності і забезпечують високу селективність процесу збагачення. У той же час, для крупніших некондиційних руд, що мають слабомагнітні властивості, застосовують спеціалізовані валкові сепаратори з високим градієнтом магнітного поля.

У промисловій практиці також застосовуються сепаратори з магнітними системами на основі постійних магнітів. Вони мають високу стабільність і можуть працювати без необхідності підключення до зовнішнього джерела живлення, що робить їх економічно вигідними для використання на дробарно-сортувальних фабриках поблизу шахт.

Некондиційна руда, яка добувається з глибоких шахт Криворізького басейну, відрізняється від високоякісних руд, що використовуються в металургії, меншою концентрацією заліза, а також високим вмістом порожньої породи та домішок. Основні характеристики некондиційної руди включають:

1. Низьку магнітну сприйнятливість: Некондиційні руди містять залізовмісні мінерали, такі як гематит і мартит, які є слабомагнітними. Це ускладнює їх вилучення стандартними магнітними сепараторами і вимагає високої індукції магнітного поля для ефективної сепарації.[3,4]



2. Високий вміст порожньої породи та домішок: У некондиційних рудах присутні домішки кварцу, силікатів, карбонатів та інших немагнітних мінералів. Вони знижують концентрацію заліза в кінцевому продукті і створюють необхідність у високоселективних методах відокремлення залізovмісних частинок.

3. Нерівномірний склад: Некондиційна руда часто має варіативний склад, що включає зміну вмісту заліза навіть у межах одного шахтного блоку. Це потребує гнучкого налаштування параметрів сепараторів для стабільного вилучення корисних компонентів.

### *1.2.2. Причини нагромадження некондиційних руд та відходів*

1. Зниження якості видобувної руди: У процесі багаторічного видобутку високоякісні поклади залізних руд Кривбасу були значною мірою вичерпані, що призвело до збільшення частки некондиційної руди, яка раніше вважалася економічно не вигідною для збагачення.

2. Низька ефективність старих технологій: Технології збагачення минулих десятиліть мали обмежені можливості для переробки некондиційної сировини, що призводило до накопичення відходів із відносно високим вмістом заліза.

3. Недостатній контроль над впливом на навколишнє середовище: У минулому основний акцент робився на максимальному видобутку руди, без урахування екологічних наслідків. Як результат, гірничо-збагачувальна промисловість Кривбасу залишила після себе численні відвали, що стали джерелом забруднення ґрунтів, вод і повітря.

### *1.2.3. Економічне значення переробки некондиційних руд*

1. Використання техногенних ресурсів: Некондиційні руди та відходи, накопичені у відвалах, є цінним джерелом вторинної сировини. Застосування сучасних технологій збагачення, таких як магнітна сепарація, дозволяє вилучити з цих матеріалів залізо та інші корисні компоненти. За різними оцінками, у відвалах Кривбасу міститься до 13 млрд тонн некондиційної сировини, яка може бути перероблена для отримання товарного концентрату.

2. Зниження залежності від видобутку первинних руд: Вторинна переробка дозволяє зменшити навантаження на нові родовища і зберегти природні ресурси. Це особливо актуально в умовах вичерпання високоякісних покладів залізної руди.

3. Зменшення витрат на транспортування: Збагачення некондиційних руд безпосередньо на місцях їхнього накопичення, наприклад, поблизу відвалів або у шахтах, дозволяє знизити витрати на транспортування сировини до збагачувальних фабрик. Це робить процес більш економічно вигідним.

4. Створення робочих місць і розвиток регіону: Впровадження програм з переробки некондиційних руд сприяє створенню нових робочих місць у гірничо-збагачувальному секторі та супутніх галузях, що позитивно впливає на економіку регіону.

5. Підвищення конкурентоспроможності підприємств: Використання сучасних технологій для переробки некондиційної руди дозволяє зменшити собівартість кінцевого продукту і підвищити конкурентоспроможність підприємств на внутрішньому та зовнішньому ринках.

#### *1.2.4. Екологічна важливість зменшення впливу відходів*

1. Рекультивация земель: Переробка відходів сприяє очищенню територій, зайнятих відвалами, і поверненню цих земель для подальшого використання. Це особливо важливо для Криворізького регіону, де відвали займають значні площі, що могли б використовуватися для сільського господарства або урбанізації.

2. Зниження забруднення ґрунтів і вод: Відвали некондиційної руди часто містять шкідливі речовини, які можуть потрапляти в ґрунти і ґрунтові води, спричиняючи їхнє забруднення. Переробка таких відходів дозволяє мінімізувати ризик забруднення та поліпшити екологічну ситуацію в регіоні.

3. Зменшення викидів пилу і токсичних газів: Відвали є джерелом пилу, який розноситься вітром на значні відстані, а також газів, що виділяються при хімічних реакціях у рудних залишках. Переробка відходів дозволяє зменшити ці викиди і поліпшити якість повітря.

4. Скорочення потреби у нових відвалах: Переробка існуючих відходів зменшує обсяги нових відвалів, які утворюються у процесі видобутку і збагачення. Це дозволяє знизити екологічне навантаження на природне середовище та уникнути залучення нових територій для складування.

5. Підвищення екологічної відповідальності: Реалізація проєктів з переробки некондиційної руди демонструє екологічну відповідальність підприємств і сприяє покращенню іміджу гірничо-збагачувальної галузі. Це важливо для залучення інвестицій і підтримки з боку суспільства.

#### *1.2.5. Перспективи розвитку переробки некондиційних руд*

1. Державна підтримка: Урядові програми і стимулювання інвестицій у переробку некондиційних руд можуть сприяти швидшому впровадженню нових технологій і забезпечити розвиток цієї галузі.

2. Інноваційні рішення: Застосування нових матеріалів і методів, таких як надпровідні магніти або нанотехнології, може значно підвищити ефективність переробки некондиційної руди.

3. Розвиток екологічних стандартів: Строгі екологічні вимоги змушуватимуть підприємства переходити на екологічно безпечні технології переробки, що буде сприяти зменшенню негативного впливу на довкілля.

Економічно доцільне перероблення некондиційних руд Криворізького басейну є важливим для збереження природних ресурсів, забезпечення потреб металургійної промисловості та зниження екологічного навантаження.[5,6].

Використання сучасних технологій збагачення, таких як магнітна сепарація і комбіновані методи, дозволяє не лише знизити собівартість виробництва, але й сприяти покращенню екологічної ситуації в регіоні. Це

стратегічний напрямок, який об'єднує економічні, соціальні та екологічні аспекти розвитку гірничо-збагачувальної галузі.

#### *1.2.6. Переваги збагачення некондиційних руд для економіки та екології*

Переробка некондиційних руд має низку переваг як з економічної, так і з екологічної точки зору. В економічному плані це дозволяє знизити витрати на видобуток нових рудних тіл і водночас забезпечує металургійні підприємства додатковими обсягами залізної сировини. Некондиційна руда, яка вважалася відходами, перетворюється на вторинний ресурс, що може значно знизити собівартість кінцевого продукту.

Екологічні переваги включають зменшення обсягів відвалів та скорочення потреб у нових територіях для складування відходів. Це дозволяє зменшити вплив гірничодобувної промисловості на довкілля, зокрема, зменшити ерозію земель, забруднення водних ресурсів і ризики для здоров'я населення.

Виклики збагачення некондиційних руд.

Процес збагачення некондиційних руд також має свої виклики, серед яких можна виділити потребу в адаптації технологічного обладнання до специфічних особливостей сировини, яка відрізняється значною варіативністю за хімічним складом та фізико-механічними властивостями. Оптимізація технологічного процесу вимагає ретельного аналізу і розробки ефективних рішень для зменшення втрат заліза і підвищення якості кінцевого продукту. Отже, наявність значних запасів некондиційних руд у Кривбасі створює потребу у впровадженні нових технологій та спеціалізованого обладнання, здатного ефективно збагачувати цю сировину.

Використання сучасних методів магнітної та комбінованої сепарації дозволяє не лише знизити навантаження на довкілля, але й забезпечити економічну вигоду від використання матеріалів, які раніше вважалися відходами виробництва.

### 1.3. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ГЕМАТИТ-МАРТИТОВИХ РУД КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Магнітна сепарація є одним з найефективніших методів збагачення залізних руд, особливо для гематит-мартитових руд Криворізького басейну.

Завдяки своїм унікальним властивостям, магнітна сепарація дозволяє відокремлювати залізовмісні мінерали від порожньої породи з використанням магнітного поля. Проте гематит-мартитові руди, які широко розповсюджені в Кривбасі, мають слабкі магнітні властивості, що ускладнює їх сепарацію звичайними методами. Це зумовлює потребу в розробці та впровадженні спеціалізованого обладнання, яке здатне ефективно збагачувати ці руди, забезпечуючи високу якість кінцевого продукту.

### *1.3.1. Особливості гематит-мартизових руд та їх магнітних властивостей.*

Гематит-мартизові руди Криворізького басейну характеризуються високим вмістом заліза, але мають слабо виражені магнітні властивості. Це обумовлено природою самого гематиту, який є слабо магнітним мінералом. На відміну від магнетиту, що є сильномагнітним, гематит має значно меншу магнітну сприйнятливість, через що його складніше відокремити від порожньої породи за допомогою традиційних магнітних сепараторів.

Гематит-мартизові руди зазвичай складаються з різних мінералів, що також ускладнює процес збагачення. Вміст заліза у таких рудах може досягати 50-60%, однак велика частка домішок та порожньої породи вимагає застосування методів, здатних забезпечити високий ступінь селективності. Це передбачає не лише вилучення залізовмісних часток, але й мінімізацію втрат заліза у відходах, що є особливо важливим для слабомагнітних матеріалів.

### *1.3.2. Виклики збагачення в умовах підземного видобутку*

Підземні умови збагачення створюють певні обмеження для використання звичайного сепараційного обладнання, зокрема:

1. Обмежений простір: У підземних шахтах часто бракує площ для розміщення великогабаритного обладнання, тому сепаратори повинні бути компактними і мобільними. Важливо, щоб їх конструкція дозволяла переміщення та встановлення в обмежених умовах.

2. Важкі умови експлуатації: У підземних умовах існує підвищена вологість, наявність пилу і газів, перепади температур. Це означає, що сепаратори повинні бути стійкими до корозії, пилу, механічних пошкоджень і мати захищені магнітні елементи.

3. Енергоефективність: Оскільки підземні шахти мають обмежені можливості для постачання електроенергії, особливо на великих глибинах, магнітні сепаратори повинні споживати мінімум енергії для підтримання своєї роботи. Це особливо важливо в умовах, де необхідно забезпечити постійне живлення для великого обсягу обладнання.

### *1.3.3. Сучасні технології переробки некондиційної руди*

1. Магнітна сепарація: Використання високоінтенсивних магнітних сепараторів, особливо з постійними магнітами Nd-Fe-B, дозволяє ефективно відокремлювати залізовмісні частки навіть з низькомагнітних руд. Це робить магнітну сепарацію одним із ключових методів переробки некондиційної руди.

2. Гравітаційне збагачення: Ця технологія дозволяє розділяти частки руди за щільністю. Вона може використовуватися як самостійний метод або в поєднанні з магнітною сепарацією для підвищення ефективності збагачення.

3. Флотація: Метод флотації ефективний для видалення силікатів та інших немагнітних домішок з некондиційної руди, що підвищує якість кінцевого продукту.

4. Комбіновані методи: Поєднання магнітної сепарації, флотації та гравітаційного збагачення дозволяє максимально ефективно використовувати всі компоненти некондиційної руди

#### *1.3.4. Принципи магнітної сепарації та їх застосування до слабомагнітних руд*

Магнітна сепарація базується на принципі відокремлення часток залежно від їхньої магнітної сприйнятливості. Сильномагнітні частинки під впливом магнітного поля притягуються до магнітного сепаратора, тоді як слабомагнітні або немагнітні частки залишаються поза його впливом.

Для збагачення гематит-мартитових руд з їх слабкими магнітними властивостями потрібні сепаратори з підвищеною інтенсивністю магнітного поля та високим градієнтом. Це дозволяє створювати сильні магнітні сили, що діють на частки заліза, навіть якщо їхня магнітна сприйнятливість невелика. Для збагачення гематит-мартитових руд застосовують як мокру, так і суху магнітну сепарацію. Мокра магнітна сепарація підходить для обробки дрібнозернистих матеріалів, тоді як суха магнітна сепарація використовується для обробки грубозернистих фракцій. Вибір між мокрою і сухою сепарацією залежить від умов родовища, складу руди, вимог до кінцевого продукту та економічної доцільності.

#### *1.3.5. Переваги магнітної сепарації для збагачення гематит-мартитових руд*

Висока селективність процесу: Магнітна сепарація дозволяє точно розділяти рудні та породні частки, що підвищує якість кінцевого продукту та зменшує втрати заліза у відходах. Це особливо важливо для гематитових руд, де вміст заліза може значно варіювати навіть в межах однієї рудної маси.

Можливість обробки руд різної крупності: Використання різних типів сепараторів дозволяє обробляти як дрібні, так і крупні фракції гематит-мартитових руд. Це забезпечує високу гнучкість процесу та можливість обробки руд різних класів крупності без додаткових стадій подрібнення.

Економічна ефективність: Магнітна сепарація є відносно економічно вигідним методом збагачення, оскільки потребує менших витрат енергії у порівнянні з іншими методами. Застосування сепараторів на постійних магнітах додатково знижує експлуатаційні витрати, роблячи процес більш рентабельним.

Мінімальний вплив на довкілля: Магнітна сепарація є екологічно безпечним методом, оскільки не потребує використання хімічних реагентів і не утворює додаткових відходів, окрім залишків порожньої породи. Це дозволяє застосовувати її поблизу місць видобутку руди, зменшуючи екологічне навантаження на навколишнє середовище.

#### *1.3.6. Виклики магнітної сепарації для гематит-мартитових руд*

Складність забезпечення високої селективності при слабких магнітних властивостях руди: Гематит-мартитові руди мають складний склад з високою варіативністю фізико-механічних властивостей, що ускладнює процес збагачення і вимагає точного налаштування параметрів сепарації.

Потреба у високотехнологічному обладнанні: Для забезпечення ефективного збагачення слабомагнітних руд необхідні сепаратори з високою індукцією магнітного поля, що потребує значних інвестицій у обладнання. Особливо актуальним є використання сепараторів на основі сучасних магнітів Nd-Fe-B, які можуть забезпечити високу продуктивність і якість збагачення, але потребують ретельного обслуговування та оптимізації робочих параметрів.

Складність оптимізації процесу для руд з різними властивостями: Магнітна сепарація є чутливою до змін у складі вихідної сировини, тому для досягнення стабільних результатів потрібні регулярні налаштування і контроль параметрів процесу.

### *1.3.7. Перспективи магнітної сепарації для гематит-мартитових руд Кривбасу*

Завдяки розвитку технологій, магнітна сепарація залишається одним з основних методів збагачення гематит-мартитових руд Кривбасу. Інновації в області магнітних матеріалів, такі як використання постійних магнітів з високою індукцією, дозволяють розширити можливості магнітної сепарації для слабомагнітних руд. Також перспективним напрямком є використання комбінованих методів, що поєднують магнітну сепарацію з іншими технологіями, такими як гравітаційне збагачення або флотація. Це дозволить отримувати високоякісні концентрати, придатні для подальшого використання в металургії, і максимально ефективно використовувати наявні рудні ресурси.

Отже, магнітна сепарація є перспективним методом для збагачення гематит-мартитових руд, але для ефективної її реалізації потрібне використання спеціалізованого обладнання та глибоке розуміння фізико-хімічних властивостей вихідної сировини.

Високоінтенсивні магнітні сепаратори, які використовують постійні магніти на основі неодим-залізо-бору (Nd-Fe-B), є новим етапом у розвитку технологій збагачення слабомагнітних руд. Завдяки своїм унікальним магнітним властивостям ці магніти здатні створювати сильні магнітні поля з високою індукцією, що значно перевищує показники традиційних магнітних матеріалів, таких як ферити або альніко. Використання таких сепараторів дозволяє підвищити продуктивність та ефективність збагачення некондиційних залізовмісних руд, особливо гематит-мартитових руд Криворізького басейну, які мають слабкі магнітні властивості. Це стає важливим фактором у забезпеченні високоякісного концентрату для металургії.

## 1.4.ВИДИ МАГНІТНИХ СЕПАРАТОРІВ ДЛЯ СЛАБОМАГНІТНИХ РУД

Сучасні магнітні сепаратори для збагачення слабомагнітних руд поділяються на кілька типів, залежно від принципу дії, типу магнітної системи та характеру робочого середовища. Основними типами сепараторів для гематит-мартитових руд є:

1. Барабанні магнітні сепаратори з високою індукцією магнітного поля. Такі сепаратори використовуються як для мокрої, так і для сухої сепарації і забезпечують індукцію до 0,6-0,8 Тл, що дозволяє ефективно працювати з гематитовими рудами. Завдяки конструкції з великим діаметром барабана вони забезпечують належне співвідношення магнітних та механічних сил, що дозволяє уникнути втрат корисних компонентів у відходах.

2. Роликові магнітні сепаратори з високим градієнтом поля. Ці сепаратори характеризуються інтенсивним магнітним полем на поверхні ролика, що дозволяє обробляти слабомагнітні матеріали дрібної і середньої крупності. Вони особливо підходять для сухого збагачення гематитових руд, оскільки дозволяють досягати високої селективності.

3. Стрічкові магнітні сепаратори. Вони використовуються для обробки матеріалів дрібної та середньої крупності і забезпечують високу селективність процесу. У порівнянні з іншими сепараторами, стрічкові мають перевагу у стабільності робочого процесу та можливості точного налаштування інтенсивності поля залежно від характеристик матеріалу.

4. Сепаратори на основі постійних магнітів Nd-Fe-B.

Використання неодим-залізо-борових магнітів дозволяє створювати магнітні поля з високою індукцією, що забезпечує високу ефективність сепарації навіть для руд з низькою магнітною сприйнятливістю. Постійні магніти мають перевагу в економічності, оскільки не потребують електроенергії для створення магнітного поля.

5. Сепаратори з надпровідними магнітними системами. Хоча вони ще не набули широкого використання через високу вартість, ці сепаратори дозволяють досягти рекордних значень індукції магнітного поля, що робить їх перспективними для збагачення руд з дуже низькою магнітною сприйнятливістю.

### *1.4.1 Особливості Nd-Fe-B магнітів і їх використання в сепараторах*

Магніти Nd-Fe-B, винайдені в 1980-х роках, представляють третє покоління рідкоземельних магнітів і вважаються найпотужнішими серед доступних постійних магнітів. Їхні ключові характеристики включають:

Високу залишкову магнітну індукцію: Магніти на основі Nd-Fe-B мають значно вищу залишкову магнітну індукцію ( $B_r$ ), яка може досягати 1,2-1,4 Тл, що дозволяє створювати сильне магнітне поле на поверхні магнітного сепаратора.

Високу коерцитивну силу: Це забезпечує стійкість магніту до розмагнічування, навіть при наявності зовнішніх полів або підвищених температур.

Високу щільність магнітної енергії: Це дозволяє компактним магнітам генерувати потужні магнітні поля, що є особливо важливим у сепараторах, де необхідно досягти значного градієнту магнітного поля для слабомагнітних матеріалів

Завдяки цим властивостям магніти Nd-Fe-B дозволяють створювати магнітні сепаратори з високою інтенсивністю магнітного поля і компактними розмірами. Це, у свою чергу, дозволяє зменшити енергоспоживання обладнання та підвищити його ефективність, що важливо для сучасної промисловості.

#### *1.4.2. Конструкція високоінтенсивних магнітних сепараторів з Nd-Fe-B магнітами*

Сепаратори на основі Nd-Fe-B магнітів можуть мати різні конструкції залежно від типу руди, що підлягає збагаченню, та необхідних характеристик кінцевого продукту. Основні конструктивні типи високоінтенсивних магнітних сепараторів включають:

**Барабанні сепаратори:** Використовуються для мокрого і сухого збагачення. У таких сепараторах Nd-Fe-B магніти розміщені всередині обертового барабана, що забезпечує магнітне поле на поверхні барабана. Сировина подається на поверхню барабана, і залізовмісні частинки притягуються до його поверхні, а порожня порода скидається далі.

**Роликові сепаратори:** Ці сепаратори дозволяють досягти високої індукції магнітного поля на поверхні ролика, що робить їх ефективними для сухого збагачення слабомагнітних руд. Nd-Fe-B магніти розташовуються в роликах, що забезпечує рівномірний розподіл магнітного поля по їх поверхні, що дозволяє обробляти навіть дрібні частинки руди.

**Стрічкові сепаратори:** Вони особливо підходять для обробки дрібнодисперсних матеріалів. Завдяки використанню Nd-Fe-B магнітів можна досягати індукції до 1,2 Тл на поверхні стрічки, що забезпечує високу селективність процесу і дозволяє відокремлювати слабомагнітні частинки заліза від порожньої породи.

**Валкові сепаратори:** Ці сепаратори мають потужне магнітне поле на валках, що забезпечує високу продуктивність для обробки слабомагнітних руд. Вони дозволяють ефективно збагачувати грубозернисту руду, що є важливою перевагою при обробці гематит-мартитових руд.

#### *1.4.3. Переваги використання Nd-Fe-B магнітів у магнітних сепараторах*

**1. Підвищена продуктивність:** Висока індукція магнітного поля дозволяє сепараторам обробляти більші обсяги руди за одиницю часу. Це особливо важливо для гірничо-збагачувальних комбінатів, які обробляють великі обсяги сировини і прагнуть до підвищення продуктивності.



2.Покращення якості кінцевого продукту: Висока інтенсивність поля забезпечує надійне відокремлення залізовмісних часток навіть при низькій магнітній сприйнятливості. Це підвищує чистоту кінцевого концентрату, що робить його більш придатним для подальшої переробки в металургії.

3.Економія енергії: Оскільки Nd-Fe-B магніти є постійними і не потребують живлення для генерації магнітного поля, енергоспоживання такого обладнання значно знижується. Це важливий економічний фактор, особливо у великих підприємствах.

4.Стійкість до розмагнічування: Магніти Nd-Fe-B мають високу коерцитивну силу, що дозволяє їм зберігати свої магнітні властивості протягом тривалого часу, навіть при підвищених температурах або в умовах зовнішніх магнітних полів.

5.Компактність обладнання: Висока магнітна щільність Nd-Fe-B магнітів дозволяє створювати потужне магнітне поле навіть у компактних сепараторах. Це дозволяє розробляти мобільні або невеликі установки, які можуть бути використані безпосередньо на місцях видобутку.

#### *1.4.4. Вплив високоінтенсивних магнітних сепараторів на збагачення гематит-мартитових руд*

Гематит-мартитові руди Кривбасу через слабкі магнітні властивості потребують спеціалізованого обладнання для збагачення. Застосування високоінтенсивних магнітних сепараторів з Nd-Fe-B магнітами дозволяє значно підвищити ефективність збагачення таких руд.[7] Висока індукція магнітного поля забезпечує надійне вилучення навіть слабомагнітних часток заліза, що є ключовим фактором для отримання якісного кінцевого продукту.

Магнітні сепаратори на основі Nd-Fe-B магнітів також дозволяють досягти високої селективності процесу, що важливо для збагачення гематит-мартитових руд, які мають полікомпонентний склад. Завдяки сильному магнітному полю можна відокремити значну частину домішок та отримати концентрат із вмістом заліза до 53-55%, що робить його придатним для подальшої металургійної обробки.

#### *1.4.5. Виклики та перспективи використання Nd-Fe-B магнітів у магнітних сепараторах*

Висока вартість магнітного матеріалу: Магніти на основі Nd-Fe-B є дорожчими за традиційні феритові магніти. Це підвищує вартість виготовлення сепараторів, що може бути обмежувальним фактором для деяких підприємств.

Чутливість до корозії: Nd-Fe-B магніти мають схильність до корозії, що може знижувати їхню довговічність. Для запобігання цьому магніти часто покриваються захисними матеріалами, такими як нікель або епоксидні смоли, що також підвищує вартість.

Температурна стабільність: Nd-Fe-B магніти втрачають свої магнітні властивості при високих температурах, що обмежує їх використання в умовах високих температур. Вирішенням цієї проблеми є вибір магнітів з поліпшеними температурними характеристиками або охолоджувальних систем.

Можливості розширення застосування: Незважаючи на виклики, Nd-Fe-B магніти надають можливість значного вдосконалення процесів збагачення слабомагнітних руд. Розробка більш досконалих конструкцій сепараторів, які комбінують магнітну сепарацію з іншими методами, такими як гравітаційне збагачення або флотація, дозволить підвищити ефективність і якість кінцевого продукту.

Використання високоінтенсивних магнітних сепараторів з постійними магнітами Nd-Fe-B є перспективним напрямком для збагачення слабомагнітних гематит-мартитових руд Кривбасу. Висока індукція магнітного поля дозволяє ефективно вилучати залізовмісні частки навіть за умов низької магнітної сприйнятливості, що покращує якість кінцевого концентрату та знижує втрати заліза. Незважаючи на високу вартість, застосування Nd-Fe-B магнітів дозволяє знизити експлуатаційні витрати завдяки низькому енергоспоживанню та високій продуктивності сепараторів. Таким чином, ця технологія має великий потенціал для широкого застосування в збагаченні руд Криворізького басейну та інших подібних родовищ.

Потреба в адаптації магнітних сепараторів для збагачення некондиційної руди Криворізького басейну, особливо в умовах підземного видобутку, викликана специфічним складом цієї руди, яка має низьку магнітну сприйнятливості і значний вміст домішок. Крім того, самі умови підземного видобутку створюють ряд обмежень для використання стандартного обладнання. Це означає, що сепаратори повинні мати особливі конструкційні рішення, адаптовані під специфіку роботи з цією сировиною, щоб забезпечити ефективність збагачення та зниження витрат.

#### *1.4.6. Напрямки адаптації магнітних сепараторів для підземного видобутку некондиційної руди*

Для ефективного збагачення некондиційної руди в підземних умовах магнітні сепаратори повинні бути адаптовані за кількома ключовими напрямками:

##### **1. Використання високоінтенсивних магнітних полів**

Зважаючи на слабомагнітні властивості некондиційної руди, магнітні сепаратори повинні створювати поле з високою індукцією, щоб забезпечити ефективне вилучення залізовмісних частинок. Для цього використовуються сепаратори, що базуються на постійних магнітах із неодиму, заліза і бору (Nd-Fe-B), які здатні забезпечувати магнітне поле з індукцією до 1,2-1,4 Тл. Висока індукція дозволяє досягти достатньої магнітної сили для відокремлення заліза навіть при низькій магнітній сприйнятливості руди [7,8].

## 2. Мобільність і компактність обладнання

Для зручного використання під землею магнітні сепаратори повинні мати компактні розміри і невелику вагу. Це дозволяє транспортувати їх до місць видобутку і переміщати по шахтних тунелях. Сучасні мобільні установки розробляються з урахуванням можливості швидкого монтажу та демонтажу, що дозволяє здійснювати збагачення безпосередньо біля шахтного забою, мінімізуючи потребу в транспортуванні руди на поверхню.

## 3. Зниження енергоспоживання

Зниження енергоспоживання має важливе значення для підземних сепараторів, оскільки доставка електроенергії на значні глибини є складним завданням. Використання постійних магнітів у сепараторах дозволяє зменшити споживання електроенергії, оскільки такі магніти не потребують постійного підключення до джерела живлення для підтримання магнітного поля. Це робить магнітні сепаратори економічно ефективними та надійними в експлуатації.

## 4. Захист від корозії та механічних пошкоджень

Зважаючи на підземні умови, магнітні сепаратори повинні бути стійкими до впливу агресивного середовища – вологи, пилу, корозійних газів. Для цього обладнання може мати антикорозійне покриття, захищений корпус для магнітних систем та додатковий захист рухомих частин. Такі заходи дозволяють підвищити довговічність обладнання і забезпечити його стабільну роботу в умовах підземних шахт.

## 5. Автоматизація процесу

Некондиційна руда має різноманітний склад, і для забезпечення стабільної якості збагачення потрібно постійно регулювати робочі параметри сепаратора. Сучасні магнітні сепаратори можуть оснащуватися автоматизованими системами контролю, які дозволяють оперативно налаштовувати інтенсивність магнітного поля, швидкість обертання барабана або ролика та інші параметри. Це забезпечує можливість адаптації процесу під різні умови руди і підвищує ефективність вилучення заліза.

### *1.4.7. Перспективи адаптації магнітних сепараторів для підземного видобутку*

Адаптація магнітних сепараторів для підземного збагачення некондиційної руди є перспективним напрямком, який дозволяє підвищити ефективність видобутку та переробки рудних ресурсів Кривбасу. Використання сучасних технологій, таких як високоінтенсивні магнітні поля, автоматизація процесу та мобільність обладнання, дозволяє забезпечити високу якість кінцевого продукту навіть в умовах складного рудного складу. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню економічної ефективності гірничо-збагачувальних підприємств та зменшенню екологічного навантаження на регіон.

Економічно доцільне перероблення некондиційних руд та зменшення впливу відходів на навколишнє середовище є важливим завданням для гірничо-збагачувальної промисловості, особливо в умовах виснаження високоякісних

руд і зростаючої екологічної свідомості. У Криворізькому басейні, де значні обсяги некондиційної руди накопичувалися десятиліттями, розробка та впровадження ефективних методів їхньої переробки мають не лише економічне значення, а й стратегічне для збереження природних ресурсів і зниження впливу гірничої діяльності на екосистему.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Отже, проведений аналіз сучасного стану видобутку та збагачення некондиційних руд Криворізького басейну дозволив виявити ключові проблеми та перспективи у цій сфері. Вивчення історичного розвитку галузі, технічних аспектів збагачення та сучасного обладнання показало необхідність впровадження інноваційних технологій для підвищення якості кінцевого продукту. Зокрема, магнітна сепарація із застосуванням високоінтенсивних сепараторів на основі постійних магнітів Nd-Fe-B продемонструвала ефективність у переробці слабомагнітних гематит-мартитових руд. З огляду на тенденції виснаження природних ресурсів та нагромадження техногенних відходів, розвиток технологій вторинного збагачення є важливим кроком для зменшення екологічного навантаження та підвищення економічної ефективності гірничо-збагачувальної промисловості України. Реалізація проєктів із залучення техногенних відвалів у виробничий процес дозволить не лише оптимізувати використання наявних ресурсів, але й сприятиме стійкому розвитку регіону в нових економічних умовах.

На підставі виконаного аналізу сучасного стану магнітного збагачення гематитових руд та обладнання для нього була сформульована мета досліджень.

*Мета і завдання дослідження.*

Метою даної роботи була розробка нової технології а саме полігармонічної гравітаційної сепарації для збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу.

**Завдання досліджень:**

- проаналізувати сучасний стан збагачення окислених руд та виявити перспективні напрямки підвищення якості концентратів;
  - розробити методику проведення досліджень;
  - виконати лабораторні дослідження з збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу;
  - розробити ефективну технологію збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу;
  - виконати техніко-економічне обґрунтування розробленої технології;
- розробити заходи з охорони праці

## РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО, МІНЕРАЛОГІЧНОГО СКЛАДУ РУДИ, ЇЇ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ В ЛАБОРАТОРНИХ І НАПІВПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ

### 2.1 ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО, МІНЕРАЛОГІЧНОГО СКЛАДУ РУДИ, ЇЇ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

#### 2.1.1 МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД НЕКОНДИЦІЙНИХ РУД

У результаті вивчення мінерального та петрографічного складу матеріалу проби некондиційної руди Кривбасу було виділено шість груп текстурно-мінералогічних різновидів порід і руд: 1. кварцити гематитові грубошаруваті; 2. кварцити гематитові середньшаруваті; 3. кварцити гематитові тонкошаруваті; 4. руди гематитові; 5. кварцити безрудні та малорудні; 6. сланці та кварцитосланці.

Перші три групи виділено з урахуванням товщини рудних і нерудних прошарків у дослідженій сировині. Грубошаруваті мають товщину понад 10 мм (рис. 2.1); середньшаруваті – 2-10 мм (рис. 2.2); тонкошаруваті – до 2 мм (рис. 2.3).

Текстурно-мінералогічні різновиди, згруповані в цих групах, є гематитовими кварцитами та відрізняються морфологічними різновидами гематиту. У межах родовищ Криворізького басейну традиційно виділяють три морфологічні різновиди цього мінералу:

- дисперсний гематит (дрібнозернистий порошковий червоного кольору);
- мартит (псевдоморфоза гематиту за магнетитом: ізометричний зернистий, рідше ізометричний октаедричний, синювато-сірого або чорного кольору);
- залізна слюдка (пластинчаста, луската, сталєво-чорного кольору). Залежно від кількісного співвідношення цих морфологічних різновидів було виділено різновиди кварцитів:

- дисперсногематитовий (мартит присутній у підпорядкованій кількості, що не перевищує 5%);
- мартит-дисперсногематитовий (мартит кількісно поступається дисперсному гематиту, але його вміст перевищує 5%);

- дисперсногематит-мартитовий (мартит переважає, а дисперсного гематиту міститься понад 5%);

- мартитовий (дисперсного гематиту менше 5%);
- залізнослюдко-мартитовий (вміст залізної слюдки перевищує 5%).

У матеріалі класу крупності -60+45 мм було виявлено один уламок тонкошаруватого магнетитового кварциту (рис. 2.4). Інших уламків із вираженими сильномагнітними властивостями не було виявлено.

З урахуванням співвідношення мартиту та дисперсного гематиту було виділено групу гематитових руд: дисперсногематитова, мартит-

дисперсногематитова, дисперсногематит-мартитова, мартитова. Руд залізнослюдко-мартитової різновиди макроскопічно не було виявлено (рис. 2.5).

До групи безрудних і малорудних кварцитів увійшли уламки кварцових прошарків та кварцових жил. Вміст основного рудного мінералу (гематиту) у безрудних кварцитах становить до 5%, а в малорудних – до 20% (рис. 2.6).



Рис. 2.1 –Грубощарові гематитові кварцити



а –  
дисперсногематитовий  
кварцит



б – мартит-  
дисперсногематитовий  
кварцит



в –  
дисперсногематит-  
мартитовий кварцит

г – мартитовий кварцит

Рис. 2.2 – Средньощарові гематитові кварцити



а – дисперсногематитовий кварцит



б – мартит-дисперсногематитовий кварцит



в – дисперсногематит-мартитовий кварцит



г – залізнослют-мартитовий кварцит



д – мартитовий кварцит

Рис. 2.3 – Середньошарові гематитові кварцити



Рис. 2.4 – Магнетитовий тонкошаруватий кварцит



а – дисперсногематитова руда



б – мартит-дисперсногематитова руда



в – дисперсногематит-мартитова руда



г – мартитова руда

Рис. 2.5 – Руди гематитові





Рис. 2.6 – Кварцити безрудний и малорудний

До групи сланців та кварцитосланців були віднесені уламки переважно хлоритових сланців, а також кварц-хлоритових кварцитосланців. Останні являють собою породу, що складається з чергування безрудних або малорудних кварцових прошарків зі сланцевими прошарками (рис. 2.7).

Результати рудорозборки матеріалу проби БР-2 наведені в таблиці 2.1. Переважна частина (близько 70%) матеріалу представлена тонкошаруватими та середньошаруватими гематитовими кварцитами. Близько 15% складають гематитові руди. До 1% припадає на гематитові грубошаруваті кварцити. Решта – баластова частина (безрудні та малорудні кварцити, сланці та кварцитосланці).

Мінеральний склад дрібних класів крупності (-1,0+0,0 мм) наведено в таблиці 2.2. Мінеральний склад окремих текстурно-мінералогічних різновидів наведено в таблиці 2.3. Зведений мінеральний склад вихідного матеріалу проби БР-2 подано в таблиці 6.4.

Опис мінералів. Мікроскопічне дослідження дозволило додатково уточнити мінеральний склад різновидів і виявити особливості окремих мінералів.

Гематит є головним рудоутворювальним мінералом дослідженого матеріалу. У відбитому світлі були виявлені всі три морфологічні різновиди гематиту, виділювані у складі залізистих порід та залізних руд з родовищ Криворізького басейну: мартит, дисперсний гематит, залізна слюдка (рис. 2.8).

Мартит утворює суцільні маси (рис. 2.8), формує окремі прошарки, що чергуються з кварцовими, а також зустрічається у вигляді окремих вкраплень у кварцовій або силікатній масі.



а – кварцитосланець гетитовий



б – кварцитосланець  
хлоритовий



в – сланець хлоритовий

Рис. 2.7 – Кварцитосланці та сланці

Таблиця 2.1 – Результати рудорозбирання матеріала проби руди крупністю -150,0+1,0 мм

| Назва текстурно-мінералогічних різновидів | +100    |          | -100+80 |          | -80+60  |          | -60+45  |          | -45+20  |          | -20+16  |          | -16+10  |          | -10+6   |          | -6+2    |          | -2+1    |          | Сума +100+1 |          | -1+0     | Всього   |
|---|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|-------------|----------|----------|----------|
|   | від кл. | від вих. | від кл. | від вих. | від кл. | від вих. | від кл. | від вих. | від кл. | від вих. | від кл. | від вих. | від кл. | від вих. | від кл. | від вих. | від кл. | від вих. | від кл. | від вих. | від кл.     | від вих. | від вих. | від вих. |
| 1   | 2       | 3        | 4       | 5        | 6       | 7        | 8       | 9        | 10      | 11       | 12      | 13       | 14      | 15       | 16      | 17       | 18      | 19       | 20      | 21       | 22          | 23       | 24       | 25       |
| КВАРЦИТИ ГЕМАТИТОВІ ГРУБОШАРУВАТІ         | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 1,27    | 0,14     | 1,73    | 0,67     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,82        | 0,81     |          |          |
| – дисперсно-гематитовий                   | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 1,27    | 0,14     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,14        | 0,14     |          |          |
| – мартит-дисперсногематитовий             | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 1,73    | 0,67     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,68        | 0,67     |          |          |
| КВАРЦИТИ ГЕМАТИТОВІ СЕРЕДНЬОШАРУВАТІ I    | 79,51   | 1,59     | 57,97   | 3,18     | 21,75   | 3,13     | 18,71   | 2,05     | 32,81   | 12,78    | 38,50   | 3,07     | 10,36   | 1,46     | 23,47   | 1,24     | 2,80    | 0,01     | 0,00    | 0,00     | 28,65       | 28,51    |          |          |
| – дисперсно-гематитовий                   | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 1,47    | 0,12     | 1,02    | 0,14     | 11,51   | 0,61     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,87        | 0,87     |          |          |
| – мартит-дисперсногематитовий             | 0,00    | 0,00     | 6,05    | 0,33     | 8,37    | 1,21     | 18,71   | 2,05     | 27,14   | 10,57    | 20,06   | 1,60     | 4,14    | 0,58     | 7,91    | 0,42     | 2,80    | 0,01     | 0,00    | 0,00     | 16,85       | 16,77    |          |          |
| – дисперсногематит-мартитовий             | 54,32   | 1,09     | 51,91   | 2,85     | 13,38   | 1,93     | 0,00    | 0,00     | 5,67    | 2,21     | 14,64   | 1,17     | 5,19    | 0,73     | 4,05    | 0,21     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 10,23       | 10,18    |          |          |
| – мартитовий                              | 25,19   | 0,50     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 2,34    | 0,19     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,69        | 0,69     |          |          |
| КВАРЦИТИ ГЕМАТИТОВІ ТОНКОШАРУВАТІ         | 20,49   | 0,41     | 33,41   | 1,83     | 24,26   | 3,49     | 69,39   | 7,62     | 33,43   | 13,02    | 25,98   | 2,07     | 58,74   | 8,27     | 21,70   | 1,15     | 41,22   | 0,14     | 20,67   | 0,01     | 38,19       | 38,01    |          |          |
| – дисперсно-гематитовий                   | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,16    | 0,02     | 0,77    | 0,08     | 0,36    | 0,14     | 1,65    | 0,13     | 2,97    | 0,42     | 1,83    | 0,10     | 7,44    | 0,03     | 5,59    | 0,00     | 0,93        | 0,92     |          |          |
| – мартит-дисперсно-гематитовий            | 20,49   | 0,41     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 5,72    | 0,46     | 20,85   | 2,94     | 4,06    | 0,21     | 10,85   | 0,04     | 7,82    | 0,00     | 4,08        | 4,06     |          |          |
| – залізнослюдко-мартитовий                | 0,00    | 0,00     | 18,40   | 1,01     | 0,78    | 0,11     | 0,00    | 0,00     | 0,59    | 0,23     | 2,50    | 0,20     | 1,54    | 0,22     | 0,99    | 0,05     | 0,73    | 0,00     | 0,56    | 0,00     | 1,83        | 1,82     |          |          |
| – дисперсногематит-мартитовий             | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,48    | 0,07     | 23,18   | 2,55     | 10,27   | 4,00     | 6,72    | 0,54     | 9,29    | 1,31     | 5,84    | 0,31     | 9,39    | 0,03     | 2,23    | 0,00     | 8,84        | 8,80     |          |          |
| – мартитовий                              | 0,00    | 0,00     | 15,01   | 0,82     | 22,84   | 3,29     | 45,44   | 4,99     | 22,20   | 8,65     | 9,39    | 0,75     | 24,09   | 3,39     | 8,98    | 0,47     | 12,80   | 0,04     | 4,47    | 0,00     | 22,52       | 22,41    |          |          |
| РУДИ ГЕМАТИТОВІ                           | 0,00    | 0,00     | 8,63    | 0,47     | 4,55    | 0,65     | 4,57    | 0,50     | 18,52   | 7,21     | 15,09   | 1,20     | 19,28   | 2,71     | 32,14   | 1,70     | 23,23   | 0,08     | 67,60   | 0,02     | 14,63       | 14,57    |          |          |
| – дисперсно-гематитова                    | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 3,05    | 1,19     | 2,55    | 0,20     | 1,42    | 0,20     | 3,77    | 0,20     | 2,68    | 0,01     | 3,35    | 0,00     | 1,81        | 1,80     |          |          |
| – мартит-дисперсно-гематитова             | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 1,43    | 0,56     | 1,93    | 0,15     | 2,19    | 0,31     | 8,10    | 0,43     | 2,50    | 0,01     | 3,91    | 0,00     | 1,46        | 1,46     |          |          |
| – дисперсногематит-мартитова              | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 1,54    | 0,22     | 1,41    | 0,15     | 0,50    | 0,20     | 2,75    | 0,22     | 3,29    | 0,46     | 6,08    | 0,32     | 6,22    | 0,02     | 24,58   | 0,01     | 1,61        | 1,61     |          |          |
| – мартитова                               | 0,00    | 0,00     | 8,63    | 0,47     | 3,01    | 0,43     | 3,17    | 0,35     | 13,54   | 5,27     | 7,87    | 0,63     | 12,37   | 1,74     | 14,18   | 0,75     | 11,83   | 0,04     | 35,75   | 0,01     | 9,74        | 9,71     |          |          |
| КВАРЦИТИ БЕЗРУДНІ I МАЛОРУДНІ             | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 4,14    | 0,60     | 1,22    | 0,13     | 9,66    | 3,76     | 15,32   | 1,22     | 5,20    | 0,73     | 13,05   | 0,69     | 29,39   | 0,10     | 10,06   | 0,00     | 7,28        | 7,24     |          |          |
| – кварцит безрудний                       | 0,00    | 0,00     | 0,00    | 0,00     | 0,21    | 0,03     | 0,00    | 0,00     | 0,50    | 0,19     | 3,65    | 0,29     | 3,94    | 0,55     | 11,49   | 0,61     | 12,87   | 0,05     | 7,82    | 0,00     | 1,73        | 1,72     |          |          |

|                              |               |             |               |             |               |              |               |              |               |              |               |             |               |              |               |             |               |             |               |             |               |              |             |               |
|------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-------------|---------------|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|--------------|-------------|---------------|
| 1                            | 2             | 3           | 4             | 5           | 6             | 7            | 8             | 9            | 10            | 11           | 12            | 13          | 14            | 15           | 16            | 17          | 18            | 19          | 20            | 21          | 22            | 23           | 24          | 25            |
| – кварцит малорудний         | 0,00          | 0,00        | 0,00          | 0,00        | 3,93          | 0,57         | 1,22          | 0,13         | 9,17          | 3,57         | 11,66         | 0,93        | 1,26          | 0,18         | 1,57          | 0,08        | 16,52         | 0,06        | 2,23          | 0,00        | 5,54          | 5,52         |             |               |
| СЛАНЦІ І КВАРЦИТОСЛАНЦІ І    | 0,00          | 0,00        | 0,00          | 0,00        | 45,31         | 6,52         | 4,84          | 0,53         | 3,85          | 1,50         | 5,11          | 0,41        | 6,42          | 0,90         | 9,65          | 0,51        | 3,35          | 0,01        | 1,68          | 0,00        | 10,44         | 10,39        |             |               |
| – сланець хлоритовий         | 0,00          | 0,00        | 0,00          | 0,00        | 14,69         | 2,12         | 1,47          | 0,16         | 1,65          | 0,64         | 3,58          | 0,29        | 3,39          | 0,48         | 8,00          | 0,42        | 2,62          | 0,01        | 1,68          | 0,00        | 4,13          | 4,11         |             |               |
| – кварцитосланець хлоритовий | 0,00          | 0,00        | 0,00          | 0,00        | 30,62         | 4,41         | 3,37          | 0,37         | 2,20          | 0,86         | 1,53          | 0,12        | 3,03          | 0,43         | 1,64          | 0,09        | 0,73          | 0,00        | 0,00          | 0,00        | 6,30          | 6,27         |             |               |
| <b>ЗАГАЛОМ</b>               | <b>100,00</b> | <b>2,00</b> | <b>100,00</b> | <b>5,49</b> | <b>100,00</b> | <b>14,40</b> | <b>100,00</b> | <b>10,98</b> | <b>100,00</b> | <b>38,94</b> | <b>100,00</b> | <b>7,97</b> | <b>100,00</b> | <b>14,08</b> | <b>100,00</b> | <b>5,29</b> | <b>100,00</b> | <b>0,35</b> | <b>100,00</b> | <b>0,03</b> | <b>100,00</b> | <b>99,53</b> | <b>0,47</b> | <b>100,00</b> |

Таблиця 2.2 – Мінеральний склад та розподіл зростків у матеріалі проби руди крупністю -1+0,0 мм

| Клас крупності, мм      | Вихід, % | Мінерали       |          |         |                    |          |         |            |          |         |             |          |         |            |          |         | Інше          |         |          |         |
|-------------------------|----------|----------------|----------|---------|--------------------|----------|---------|------------|----------|---------|-------------|----------|---------|------------|----------|---------|---------------|---------|----------|---------|
|                         |          | гематит        |          |         |                    |          |         | магнетит   |          |         | кварц       |          |         | інше*      |          |         |               |         |          |         |
|                         |          | мартит+зал.сл. |          |         | дисперсний гематит |          |         |            |          |         |             |          |         |            |          |         |               |         |          |         |
|                         |          | «чисті»        | Зростки  |         | «чисті»            | зростки  |         | «чисті»    | зростки  |         | «чисті»     | зростки  |         | «чисті»    | зростки  |         |               | «чисті» | зростки  |         |
|                         |          |                | «багаті» | «бідні» |                    | «багаті» | «бідні» |            | «багаті» | «бідні» |             | «багаті» | «бідні» |            | «багаті» | «бідні» |               |         | «багаті» | «бідні» |
| -1,0+0,5                | 4,25     | 0,0            | 39,8     | 15,3    | 0,0                | 11,1     | 10,2    | 0,0        | 0,0      | 3,5     | 0,3         | 16,2     | 1,8     | 0,0        | 0,0      | 1,8     | 100,00        |         |          |         |
| -0,5+0,25               | 6,38     | 0,1            | 38,9     | 19,5    | 0,0                | 9,4      | 11,7    | 0,0        | 0,4      | 2,4     | 1,7         | 10,1     | 3,9     | 0,0        | 0,0      | 1,9     | 100,00        |         |          |         |
| -0,25+0,16              | 4,26     | 13,2           | 30,2     | 17,6    | 0,0                | 8,5      | 11,3    | 0,0        | 1,0      | 2,9     | 2,3         | 7,3      | 4,0     | 0,0        | 0,0      | 1,7     | 100,00        |         |          |         |
| -0,16+0,071             | 19,15    | 14,6           | 38,8     | 5,3     | 0,3                | 8,6      | 13,4    | 0,5        | 1,6      | 2,6     | 1,6         | 5,2      | 4,6     | 0,1        | 0,7      | 2,1     | 100,00        |         |          |         |
| -0,071+0,05             | 61,70    | 37,9           | 10,2     | 2,1     | 1,5                | 9,3      | 15,1    | 1,3        | 2,1      | 1,9     | 6,2         | 7,3      | 1,4     | 0,8        | 1,3      | 1,6     | 100,00        |         |          |         |
| -0,05                   | 4,26     | 39,5           | 0,0      | 0,0     | 22,7               | 7,1      | 5,8     | 4,9        | 0,0      | 0,0     | 6,8         | 8,3      | 0,0     | 4,1        | 0,8      | 0,0     | 100,00        |         |          |         |
| Всього                  | 100,00   |                |          |         |                    |          |         |            |          |         |             |          |         |            |          |         | <b>100,00</b> |         |          |         |
| <b>Середнє по пробі</b> |          | <b>52,6</b>    |          |         | <b>24,9</b>        |          |         | <b>4,9</b> |          |         | <b>14,4</b> |          |         | <b>3,3</b> |          |         | <b>100,00</b> |         |          |         |

Таблиця 2.3 – Мінеральний склад текстурно-мінералогічних різновидів порід та руд, присутніх у матеріалі проби

| Текстурно-мінералогічний різновид           | Мінерали    |           |          |       |       | Всього |
|---|-------------|-----------|----------|-------|-------|--------|
|   | гематит     |           | магнетит | кварц | інші* |        |
|   | мартит+з.сл | дисп.гем. |          |       |       |        |
| кварцити гематитові грубошаруваті (група)   |             |           |          |       |       |        |
| дисперсногематитовий                        | 2           | 12,4      | 2,1      | 79,8  | 3,7   | 100,00 |
| мартит-дисперсногематитовий                 | 7,8         | 17,1      | 2,4      | 70,3  | 2,4   | 100,00 |
| кварцити гематитові середньшаруваті (група) |             |           |          |       |       |        |
| дисперсногематитовий                        | 1,1         | 42,1      | 4,1      | 48,1  | 4,6   | 100,00 |
| мартит-дисперсногематитовий                 | 8,9         | 35,3      | 4,6      | 47,3  | 3,9   | 100,00 |
| дисперсногематит-мартитовий                 | 33,1        | 15,4      | 4,4      | 46,7  | 0,4   | 100,00 |
| мартитовий                                  | 47,8        | 2,4       | 4,2      | 45,4  | 0,2   | 100,00 |
| кварцити гематитові тонкошаруваті (група)   |             |           |          |       |       |        |
| дисперсногематитовий                        | 3,6         | 49,2      | 4,2      | 38,3  | 4,7   | 100,00 |
| мартит-дисперсногематитовий                 | 8,8         | 43,6      | 4,6      | 38,9  | 4,1   | 100,00 |
| железнослюдко-мартитовий                    | 52,1        | 4,4       | 4,7      | 37,2  | 1,6   | 100,00 |
| дисперсногематит-мартитовий                 | 50,6        | 6,4       | 4,8      | 36,4  | 1,8   | 100,00 |
| мартитовий                                  | 54,1        | 3,7       | 4,9      | 35,7  | 1,6   | 100,00 |
| руди гематитові (група)                     |             |           |          |       |       |        |
| дисперсногематитова                         | 3,3         | 84,4      | 0,6      | 2,9   | 8,8   | 100,00 |
| мартит-дисперсногематитова                  | 26,7        | 63,7      | 1,1      | 2,2   | 6,3   | 100,00 |
| дисперсногематит-мартитова                  | 70,3        | 24,7      | 1,7      | 2,7   | 0,6   | 100,00 |
| мартитова                                   | 95,5        | 0         | 1,9      | 2,3   | 0,3   | 100,00 |
| кварцити безрудні і малорудні (група)       |             |           |          |       |       |        |
| кварцит безрудний                           | 1,2         | 3,3       | 0        | 95,4  | 0,1   | 100,00 |
| кварцит малорудний                          | 3,3         | 12,1      | 3,3      | 73,9  | 7,4   | 100,00 |
| сланці і кварцитосланці (група)             |             |           |          |       |       |        |
| сланець хлоритовий                          | 0,5         | 2,8       | 0,4      | 1,1   | 95,2  | 100,00 |
| кварцито-сланець хлоритовий                 | 2,3         | 4,7       | 0,7      | 10,9  | 81,4  | 100,00 |

\* – хлорит, каолінит, біотит, графіт, кумінгтоніт, апатит, гранат, карбонат, гідрогематит, гетит, гідрогетит, пірит, гіпс

Таблиця 2.4 – Зведений мінеральний склад вихідної некондиційної руди,

| Фракція                 | Вихід         | Мінерали     |              |             |              |             |
|-------------------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|                         |               | гематит      |              | магнетит    | кварц        | інше        |
|                         |               | мартит+з.сл. | дисп.гем.    |             |              |             |
| -150+100                | 2,00          | 37,40        | 14,1         | 3,6         | 44,8         | 0,1         |
| -100+80                 | 5,49          | 48,50        | 10,8         | 4,4         | 32,6         | 3,7         |
| -80+60                  | 14,40         | 43,20        | 9,1          | 4,2         | 34,1         | 9,4         |
| -60+45                  | 10,98         | 37,30        | 12,1         | 5,3         | 34,6         | 10,7        |
| -45+20                  | 38,94         | 31,40        | 14,4         | 3,6         | 40,2         | 10,4        |
| -20+16                  | 7,97          | 37,40        | 14,4         | 3,6         | 34,2         | 10,4        |
| -16+10                  | 14,08         | 37,90        | 14,4         | 4,1         | 33,2         | 10,4        |
| -10+6                   | 5,29          | 34,30        | 14,7         | 4,4         | 38,7         | 7,9         |
| -6,0+2,0                | 0,35          | 39,20        | 14,7         | 4,9         | 31,3         | 9,9         |
| -2,0+1,0                | 0,03          | 50,40        | 17,7         | 3,1         | 24,6         | 4,2         |
| -1,0+0,5                | 0,02          | 55,1         | 21,3         | 3,5         | 18,3         | 1,8         |
| -0,5+0,25               | 0,03          | 58,5         | 21,1         | 2,8         | 15,7         | 1,9         |
| -0,25+0,16              | 0,02          | 61           | 19,8         | 3,9         | 13,6         | 1,7         |
| -0,16+0,074             | 0,09          | 58,7         | 22,3         | 4,7         | 11,4         | 2,9         |
| -0,074+0,05             | 0,29          | 50,2         | 25,9         | 5,3         | 14,9         | 3,7         |
| -0,05                   | 0,02          | 39,5         | 35,6         | 4,9         | 15,1         | 4,9         |
| <b>всього</b>           | <b>100,00</b> |              |              |             |              |             |
| <b>Середнє по пробі</b> |               | <b>36,49</b> | <b>13,25</b> | <b>4,04</b> | <b>36,68</b> | <b>9,55</b> |

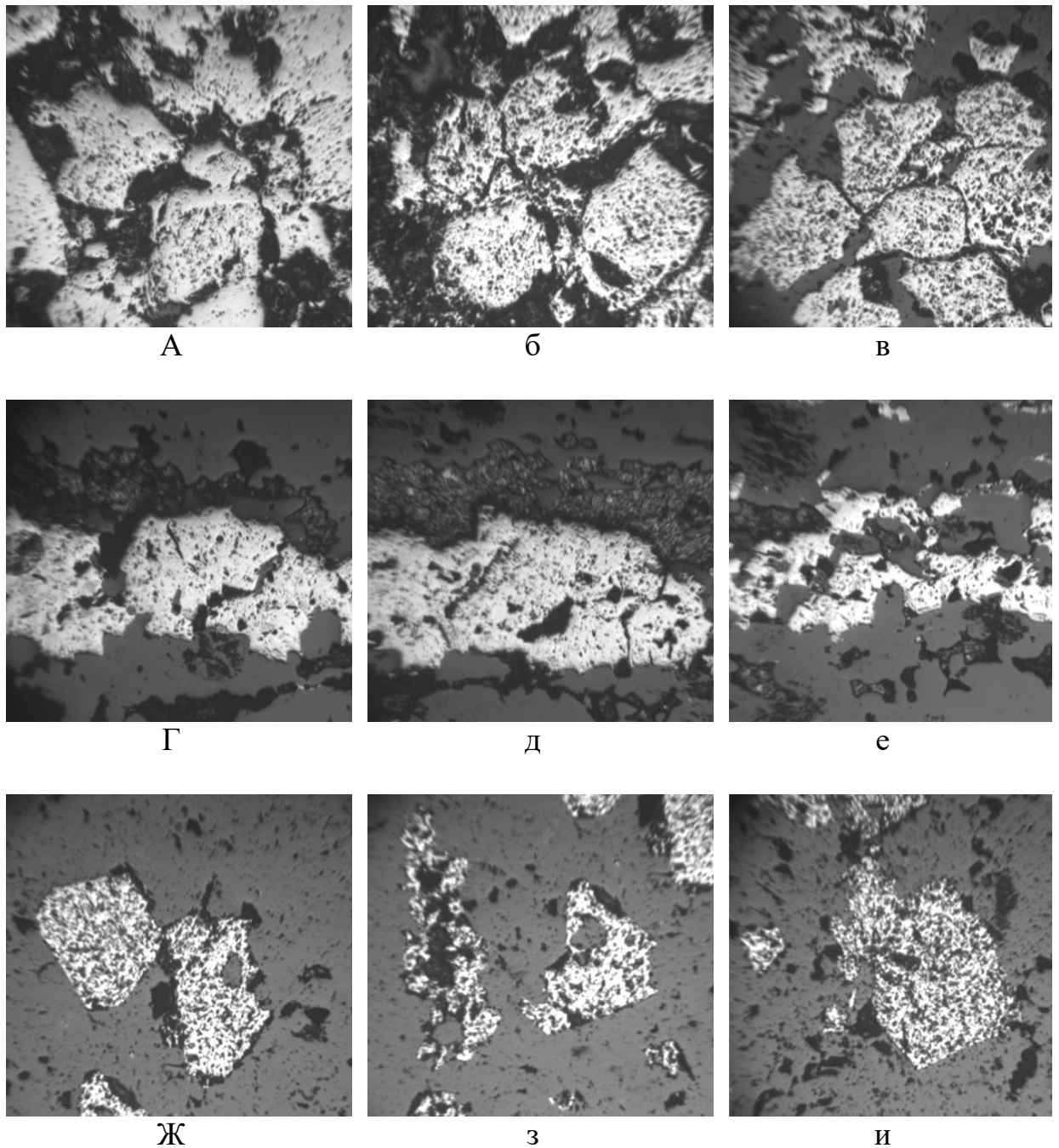


Рис. 2.8 – Мартит (світло-сірий) із середньозаруватих (а-в, ж-и) і тонкозаруватих (г-е) мартитових кварцитів. Відбите світло. Зб. 40Х. а-в – прошарки мартиту завтовшки понад 2 мм; г-е – прошарки мартиту завтовшки менше 2 мм різної морфології: г – чоткоподібний; д – стрічковий; е – субграфічний; ж-и – полігономальні перерізи мартитових полієдрів у кварцовій масі (темно-сірий).

Залізна слюдка має підпорядковане значення порівняно з мартитом і дисперсним гематитом. Вона утворює рідкісні самотійні прошарки, іноді зім'яті у складки, а також трапляється у вигляді окремих пластинок і лусочок у мартитових прошарках та уламках гематит-кварцових жил (рис. 2.9, 2.10).

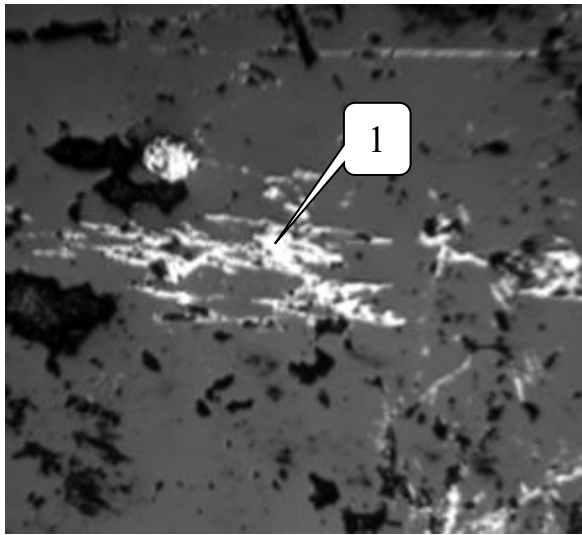
Дисперсний гематит отримав назву через надзвичайно дрібний (порядку одиниць мікрометрів) розмір кристалів. Він є продуктом заміщення залізовмісних силікатів, рідше магнетиту. Автори звіту до цього різновиду також відносять метаморфічний гематит, що є механічною домішкою в окремих кварцових прошарках гематитових кварцитів і надає їм червонувато-шаруватого вигляду. У літературі такий гематит іноді називають емульсійним. Однак, оскільки визначальним фактором виділення цього різновиду гематиту є його дрібний розмір, а термін "емульсія" застосовується до сумішей двох рідин, використання терміна "емульсійний", на думку авторів, є недоцільним. Також слід врахувати, що під час гіпергенного руйнування червоношаруватих кварцитів відбувається маршалізації кварцових прошарків, і тонка механічна домішка гематиту вивільняється, утворюючи порошкоподібний агрегат дрібнозернистого гематиту, подібний до гіпергенного, який заміщує залізовмісні силікати.

Дисперсний гематит є рудоутворювальним мінералом однойменних руд і присутній у мартитових рудах, усіх різновидах гематитових кварцитів, вивітрених сланцях і малорудних кварцитах. Під час виготовлення аншліфів він погано полірується і виглядає тьмяно, що є нетиповим для гематиту (рис. 2.11). Крім того, дисперсний гематит може механічно утворюватися внаслідок руйнування мартиту та залісної слюдки під час переробки або навіть під час відбору проб.

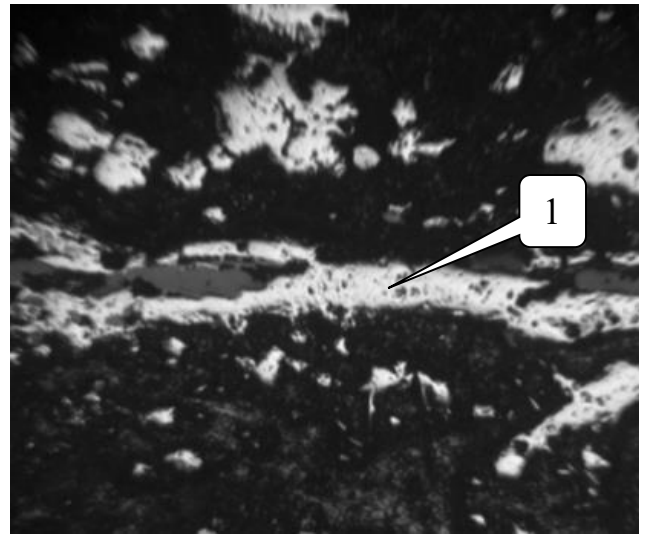
Кварц. є породоутворювальним мінералом кварцитів, присутній у сланцях. Також його відзначено як основу жильних утворень у кварцитах. У жилах іноді трапляються друзові порожнини, через що в дрібних класах вихідного матеріалу проб зустрічаються кристали кварцу та їхні уламки. Зазвичай кварц має червоний, червонуватий або рожевий колір через домішки дисперсного гематиту. Рідше зустрічається безбарвний кварц. У матеріалі проби БР-2 було виявлено морфологічний різновид кварцу – маршаліт. Він утворюється під час гіпергенних змін кварцитів і характеризується порошкоподібним виглядом яскраво-білого кольору, іноді з домішкою червоного через дисперсний гематит або гідрогематит (рис. 2.12).

Магнетит. У дослідженому матеріалі має реліктовий характер. Його відзначено у зростках із мартитом, залізною слюдкою, кварцом і піритом. Іноді трапляються зерна магнетиту, не піддані мартитизації (рис. 2.13, 2.14).

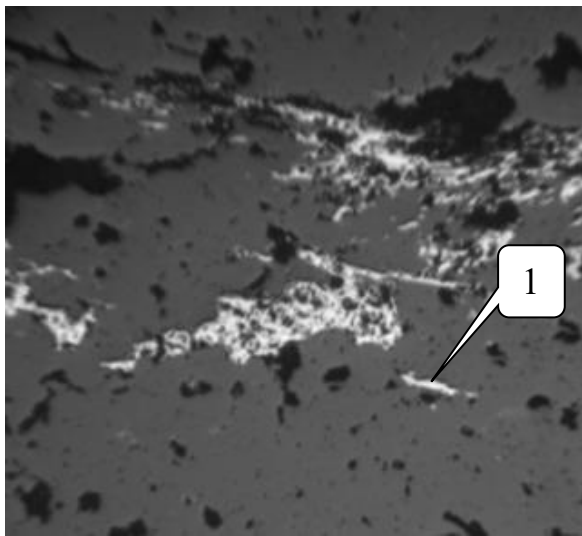




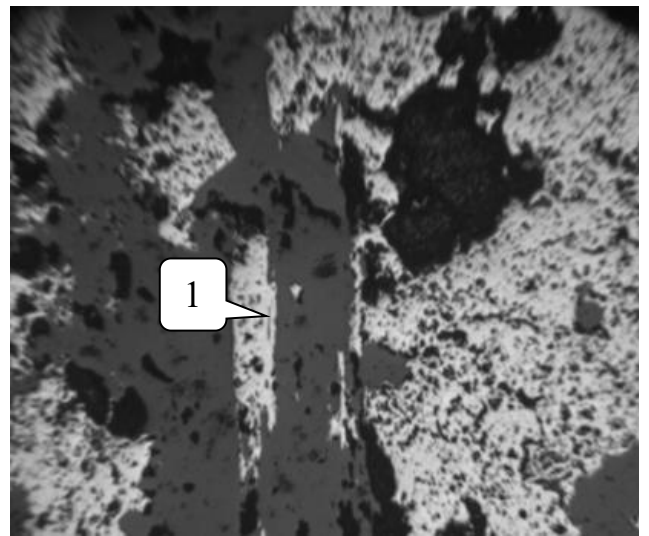
а



б

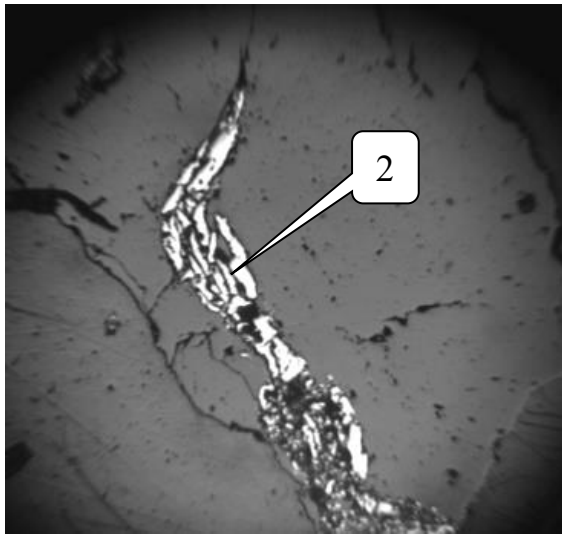


в

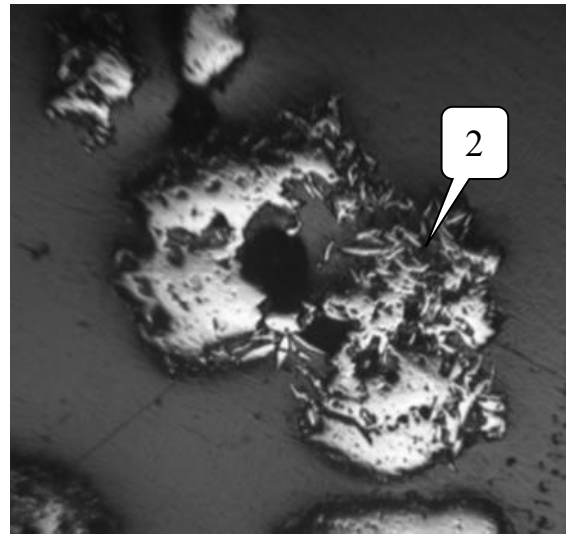


г

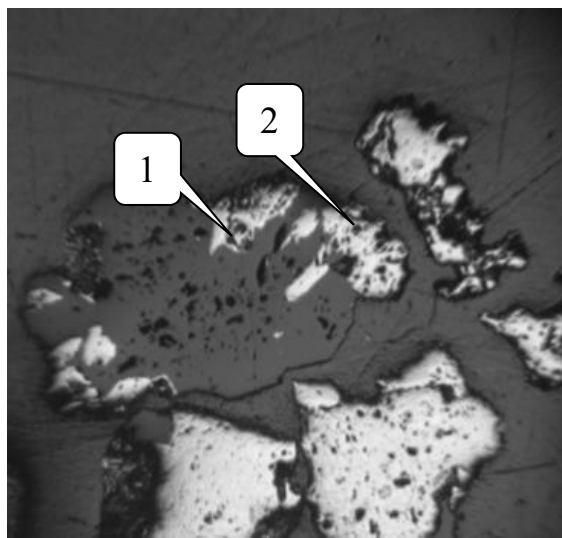
Рис. 2.9. – Індивіди залісної слюдки (1) із тонкошаруватих гематитових (залізнослюдко-мартитових) кварцитів, що входять до складу матеріалу проби руди



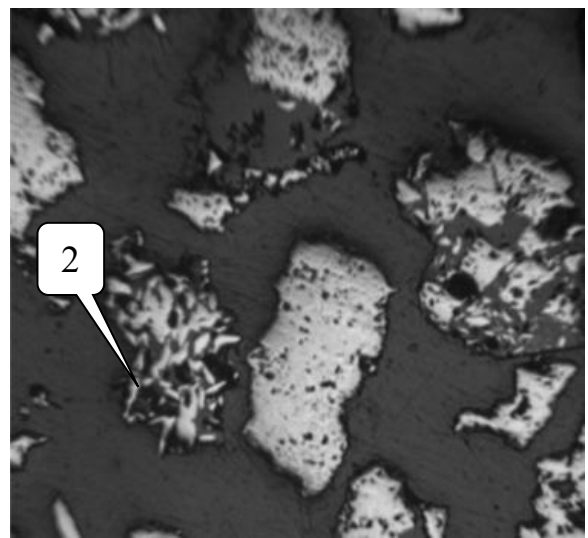
а



б



в



г

д

е

Рис. 2.10. – Індивіди (1) та агрегати (2) залізної слюдки з дрібних класів крупності вихідного матеріалу проби руди:

а – залізнослюдовий прожилкоподібний агрегат у кварці; клас крупності  $-2,0+1,0$  мм; відбите світло, зб. 25X;

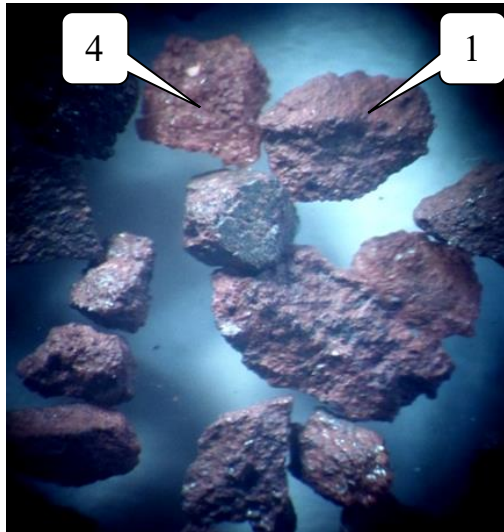
б – уламок кварц-залізнослюдко-мартитового прошарку з тонкошаруватого гематитового кварциту; клас крупності  $-0,5+0,25$  мм; відбите світло, зб. 130X;

в – багатий зросток кварцу (темно-сірий) із залізною слюдкою (1) і мартитом (2); клас крупності  $-0,25+0,16$  мм; відбите світло, зб. 250X;

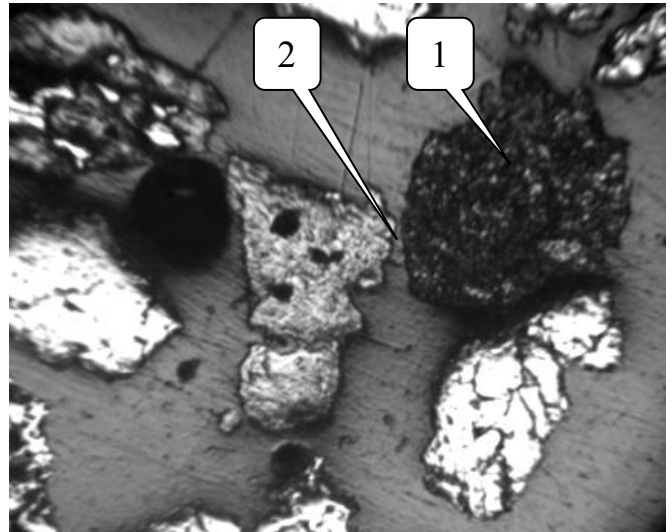
г – багатий зросток залізної слюдки з кварцом (темно-сірий); клас крупності  $-0,25+0,16$  мм; відбите світло, зб. 250X;

д, е – вільні уламки агрегата (д) та індивіда (е) залізної слюдки під мікроскопом МБС-9: д – клас крупності  $-0,5+0,25$  мм; зб. 60X;

е – клас крупності  $-0,16+0,071$  мм; зб. 100X.

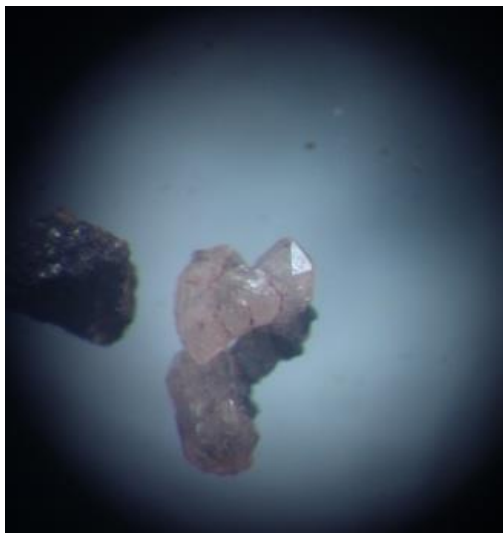


А

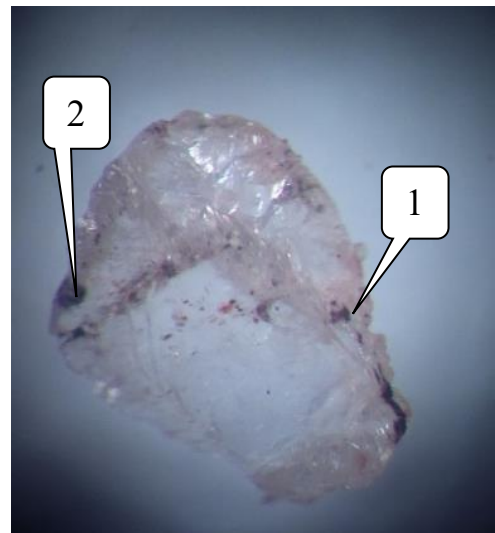


Б

Рис.2.11 – Дисперсний гематит у вихідному матеріалі проби руди:  
 а – уламки дисперсногематитової (1), мартит-дисперсногематитової (2) руди;  
 поліедр мартиту (3) з «примазками» дисперсного гематиту (червоне); уламок  
 кварцового агрегату (4), «підфарбованого» дисперсним гематитом; клас  
 крупності  $-1,0+0,5$  мм; мікроскоп МБС-9; зб. 75X;  
 б – уламки дисперсногематитової (1) та мартит-дисперсногематитової (2)  
 руди; клас крупності  $-0,25+0,16$  мм; відбите світло; зб. 150X.



а



б

Рис. 2.12 – Кварц у вихідному матеріалі проби

Інші. До цієї категорії віднесено мінерали, які мають підпорядковане значення у матеріалі проби БР-2. Основну частину складають мінерали сланців і кварцитосланців, а також деяких різновидів гематитових руд. Були виявлені такі мінерали: хлорит, каолінит, біотит, графітит, кумінгтоніт, апатит, гранат, карбонат, гідрогематит, лепідокрокіт, гетит, гідрогетит, пірит, гіпс.

Хлорит. Є породоутворювальним мінералом сланців і кварцитосланців. Разом із кумінгтонітом і біотитом складає основну масу сланців та сланцеві прошарки кварцитосланців (рис. 2.15). У цих породах його вміст перевищує 50,0 об.%

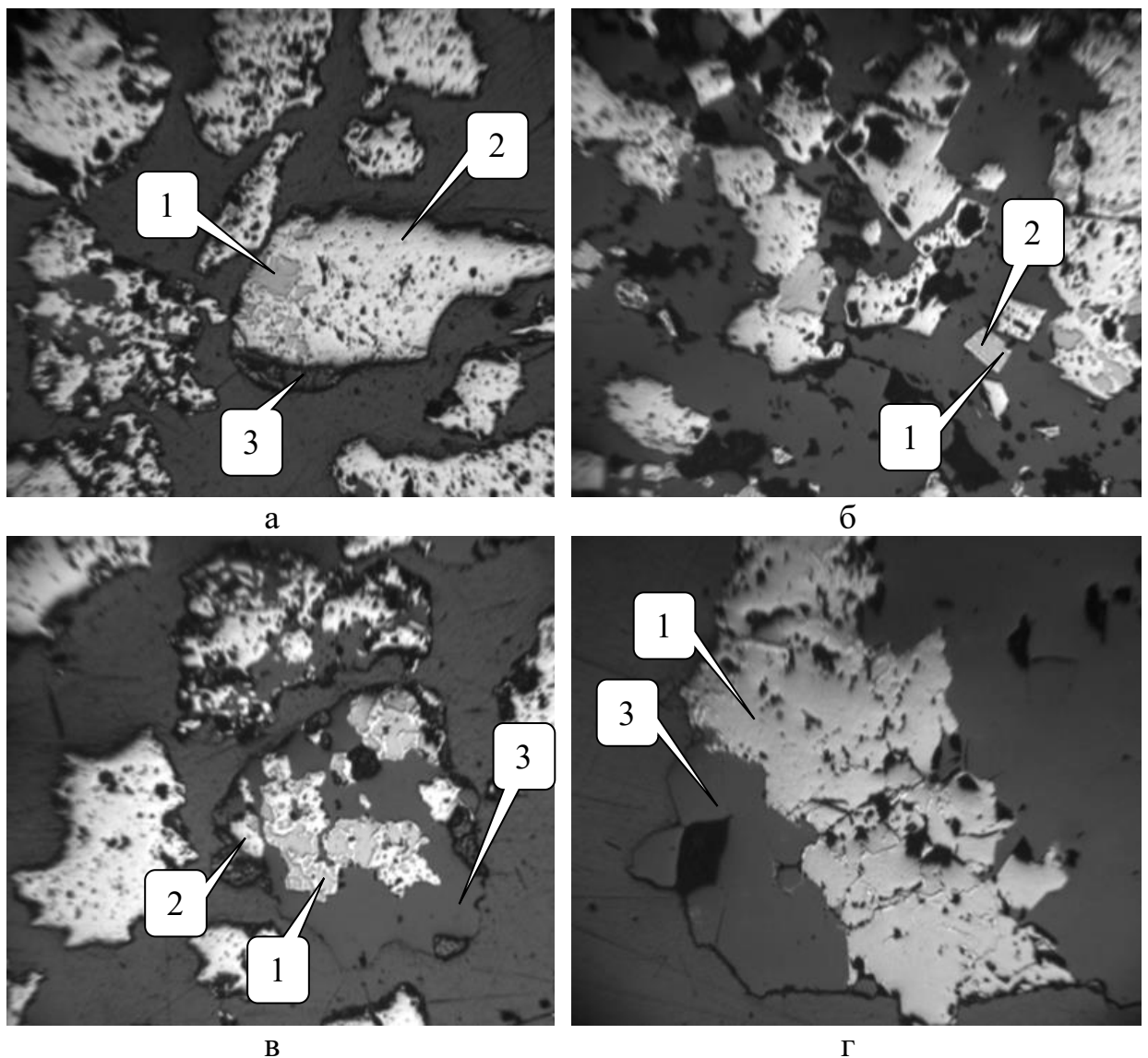
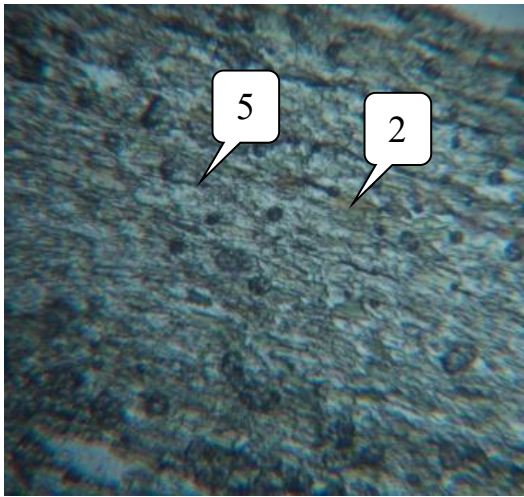
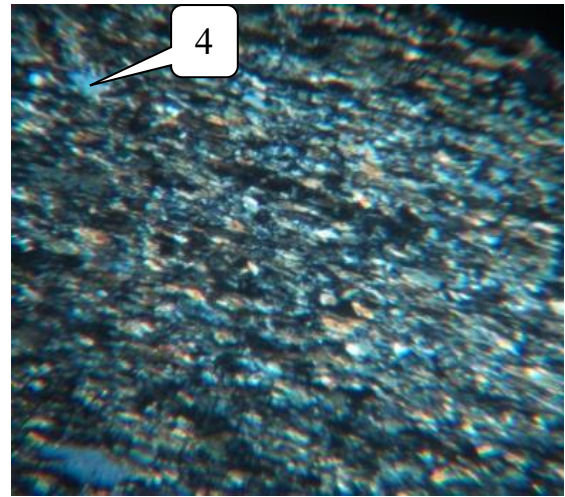


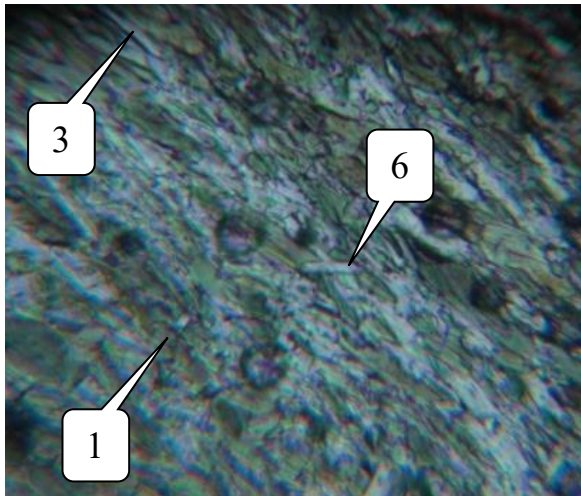
Рис. 2.14 – Уламки порід та руд з магнетитом у матеріалі проби БР-2  
1 – магнетит; 2 – мартит; 3 – кварц.



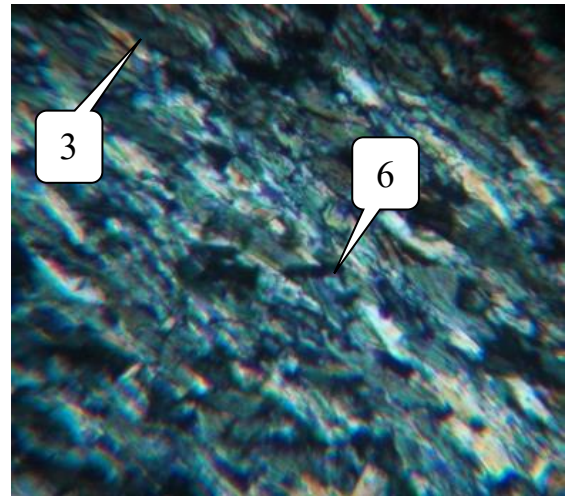
а



б



в



г

Рис. 2.15 – Куммінгтоніт-хлоритовий сланець

Каолініт присутній у дисперсногематитових рудах, які утворилися внаслідок гіпергенних змін сланців. Мінерал часто має буре забарвлення через домішки дисперсного гематиту та гідрогематиту. Його легко сплутати з маршалітом (білим порошкоподібним кварцом). Відмінністю каолініту є його пластичність (легко зминається) та здатність набухати при нанесенні вологи.

Графітит — це прихованокристалічна різновидність графіту, характерна для порід центральної частини Криворізької структури, що зазнали метаморфізму в умовах зеленосланцевої фації. Графітит виявлений у сланцях у вигляді точкових тонкодисперсних чорних виділень (див. рис. 2.15). Мінерал разом із карбонатом є джерелом вуглецю у дослідженій сировині.

Кумінгтоніт є другим за значущістю мінералом у сланцях. Представлений видовженими голчастими зернами. Деякі агрегати за формою нагадують кумінгтоніт-азбест. Частина таких агрегатів зазнала заміщення гетитом або лепідокрокітом (дві політропні різновидності  $\text{FeO}(\text{OH})$  – альфа і гамма).

Біотит відіграє підпорядковану роль у кумінгтоніт-хлоритових сланцях. Зустрічається у вигляді окремих лусочок (див. рис. 2.15).

Апатит виявлений у вигляді дуже рідкісних поодиноких зерен в основній масі сланців. Форма зерен — видовжена, голчаста (див. рис. 2.15).

Гранат виявлений у кумінгтоніт-хлоритових сланцях у вигляді поодиноких зерен. Форма індивідів ксеноморфна, рідше гіпідіоморфна. Зерна мають тріщини, які заповнені переважно гідроксидами заліза.

Карбонат виявлений у кварцитосланцях у вигляді дрібнозернистих агрегатів, які зосереджені на контакті кварцитового і сланцевого прошарків.

Гідрогематит, лепідокрокіт, гетит, гідрогетит, які об'єднуються під загальним терміном «гідроксиди заліза», є продуктами гіпергенного заміщення залізовмісних силікатів, карбонатів і сульфідів. Також вони заповнюють тріщини в породах, рудах і окремих мінеральних індивідах. Часто утворюють коломорфні структури.

Таким чином, при дробленні до крупності близько 0,5 мм можна очікувати появу уламків рудних (мартитових прошарків). Ці уламки будуть представлені або мономінеральними зростками мартиту, або його багатими зростками з кварцом. Значне розкриття мартитових виділень можна очікувати при крупності уламків 0,06–0,08 мм.

### 2.1.2. РЕЗУЛЬТАТИ ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ

Результати розгорнутого хімічного аналізу проби некондиційної руди ПрАТ «Суха Балка» (БР-2) наведені у табл. 2.5. Згідно з отриманими даними, проби аглоруди за якістю заліза відповідають заявленим ПрАТ «Суха Балка». У пробі некондиційної руди масова частка Fe заг. нижча заявленої на 1,32 % і становить 44,3 %.

Результати спектрального аналізу наведені в табл. 2.6.

Дані спектрального аналізу свідчать, що в матеріалі дослідженого зразка некондиційної руди елементи-мікродомішки у значній кількості не виявлені. Відмічені соті частки відсотка марганцю, хрому, титану та фосфору. Перші три елементи є типовими домішками, характерними для магнетиту та заміщуючого його гематиту. Джерелом фосфору є апатит і фосфатна речовина, які характерні для первинних вулканогенно-осадових залізних руд.

Таблиця 2.6 – Результати спектрального аналізу  
Концентрація елементів ( $\times 10^{-3}$ )

| Проба шифр | Проба (руда) | Be | V   | Bi | W | Ge  | Au | Cd | Co   |
|------------|--------------|----|-----|----|---|-----|----|----|------|
| НК         | НК           | -  | 0,2 | -  | - | 0,3 | -  | -  | 0,15 |

| Проба шифр | Проба (руда) | Mn | Cu | Mo | As | Ni | Nb | Ta | Sn |
|------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| НК         | НК           | 70 | 1  | -  | -  | 1  | -  | -  | -  |

| Проба шифр | Проба (руда) | Y | Yb | La | Ce | Ag ( $10^{-6}$ ) | Pb  | Sc | Tl |
|------------|--------------|---|----|----|----|------------------|-----|----|----|
| НК         | НК           | - | -  | -  | -  | 3                | 0,2 | -  | -  |

| Проба шифр | Проба (руда) | Ti | Th | U | P  | Cr    | Zn | Zr | Ba |
|------------|--------------|----|----|---|----|-------|----|----|----|
| НК         | НК           | 15 | -  | - | 70 | 20-30 | 2  | 5  | -  |

Джерелами хлору в дослідженій сировині можуть бути: 1) апатит і 2) хлориди натрію та калію.

1. Апатит може містити до 7 мас.% хлору – така різновидність називається хлорапатитом. Апатит зустрічається як акцесорний мінерал у породах саксаганської світи криворізької серії, до якої належить продуктивна товща родовища шахти «Ювілейна». У сланцях і кварцитосланцях його вміст коливається в межах 0,1–0,3%; у мартитових

Таблиця 2.5 – Результати розгорнутого хімічного аналізу

| № п/п | Найменування проби | Fe <sub>общ</sub> , % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % | FeO, % | SiO <sub>2</sub> , % | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % | CaO, % | MgO, % | TiO <sub>2</sub> , % | MnO, % | K <sub>2</sub> O, % | Na <sub>2</sub> O, % | P, %  | S, %  | Cl    | CO <sub>2</sub> | Солі, водорозчинні | ппп, % | Fe <sub>м</sub> , % |
|-------|--------------------|-----------------------|------------------------------------|--------|----------------------|------------------------------------|--------|--------|----------------------|--------|---------------------|----------------------|-------|-------|-------|-----------------|--------------------|--------|---------------------|
| 1.    | БР-2 НК            | 44,30                 | 57,36                              | 5,38   | 35,00                | 0,77                               | 0,13   | 0,22   | 0,026                | 0,036  | 0,05                | 0,09                 | 0,015 | 0,011 | 0,053 | 0,37            | 0,090              | 0,84   | 4,57                |

Таблиця 2.6 – Зміст основних та домішкових компонентів у матеріалі проби БР-2

| № п/п | Різновид  | Fe <sub>общ</sub> , % | Fe <sub>магн</sub> | SiO <sub>2</sub> | Cl    | CO <sub>2</sub> | солі водорозчинні |
|-------|---|-----------------------|--------------------|------------------|-------|-----------------|-------------------|
| I     | руда гематитова                                     | 66,7                  | 6,09               | 6,8              | 0,089 | 0,119           | 0,151             |
| II    | сланець та кварцитосланець                          | 34,9                  | 1,77               | 40,68            | 0,356 | 0,287           | 0,605             |
| III   | кварцити безрудні та малорудні                      | 17,6                  | 1,86               | 66,78            | 0,267 | 0,118           | 0,454             |
| IV    | кварцит мартит-дисперсногематитовий середньошаровий | 39,0                  | 1,14               | 39,68            | 0,356 | 0,101           | 0,605             |
| V     | кварцит дисперсногематит-мартитовий тонкошаровий    | 46,2                  | 1,22               | 33,34            | 0,98  | 0,017           | 1,67              |



кварцитах і рудах – 0,1–0,2%; у фарбових рудах – 0,2–0,8%. Незначна кількість апатиту, мала частка більш апатитонесних порід і руд у загальній масі проби БР-2 свідчать, що наявність апатиту незначно впливає на загальний вміст хлору в досліджуваній сировині.

2. Хлориди натрію та калію можуть містити близько 60% і 50% хлору (відповідно, галіт і сильвін). Також можуть бути інші хлориди – карналіт, бішофіт тощо. Джерелом хлоридів у досліджуваному матеріалі, найімовірніше, є шахтні води, про високу мінералізацію яких повідомлялося в низці наукових публікацій.

З метою визначення частки, яку вносять окремі текстурно-мінералогічні різновиди в загальний вміст хлору матеріалу проби БР-2, проводилося визначення вмісту хлору у п'яти основних групах різновидів порід і руд: мартитова руда, сланець і кварцитосланець, безрудні та малорудні кварцити, мартит-дисперсногематитові середньошаруваті кварцити та дисперсногематит-мартитові тонкошаруваті кварцити. Зразки цих різновидів відбиралися з класів крупності з найбільшим виходом: -80+60; -45+20; -16+10 мм. Результати наведені в таблицях 2.6 і 2.7.

Очікуваним ефектом було збільшення вмісту хлору у більш пористих і водопоглинальних різновидах порід і руд – чим вищі значення цих показників, тим більший обробці шахтними водами піддавався матеріал різновидів.

Середні значення цих показників, наведені в літературних джерелах, представлені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.7 – Вміст іонів хлору в текстурно-мінералогічних різновидах порід у перерахунку на вихідну руду

| Опис  | Cl    | Вихід, % | середньозважений |
|---|-------|----------|------------------|
| руда гематитова                                       | 0,009 | 14,63    | 0,0525           |
| сланець та кварцитосланець                            | 0,036 | 10,44    |                  |
| кварцит безрудний та малорудний                       | 0,027 | 7,28     |                  |
| кварцит мартит-дисперсногематитовий середньошаруватий | 0,036 | 28,65    |                  |
| кварцит дисперсногематит-мартитовий тонкошаруватий    | 0,098 | 38,19    |                  |
|   | 0,205 | 99,19    |                  |

Таблиця 2.8 Пористість та водопоглинання окремих мінералогічних різновидів

| Різновидність  | Пористість, % | Водопоглинання, % |
|--|---------------|-------------------|
| руда мартитова                                       | 22,25         | 3,575             |
| сланець та кварцитосланець                           | 2,08          | 0,12              |
| кварцит безрудний та малорудний                      | 2,25          | 0,145             |
| кварцит мартит-дисперсногематитовий середньшаруватий | 3,075         | 0,185             |
| кварцит дисперсногематит-мартитовий тонкошаруватий   | 4,92          | 0,515             |

Аналіз отриманих даних показує, що найбільш пориста сировина – гематитова (переважно мартитова) руда, яка має досить високе водопоглинання, характеризується найнижчим вмістом хлору. Для інших різновидів спостерігається зазначена вище тенденція – чим більша пористість і водопоглинання, тим вищий вміст хлору. (рис. 2.16).

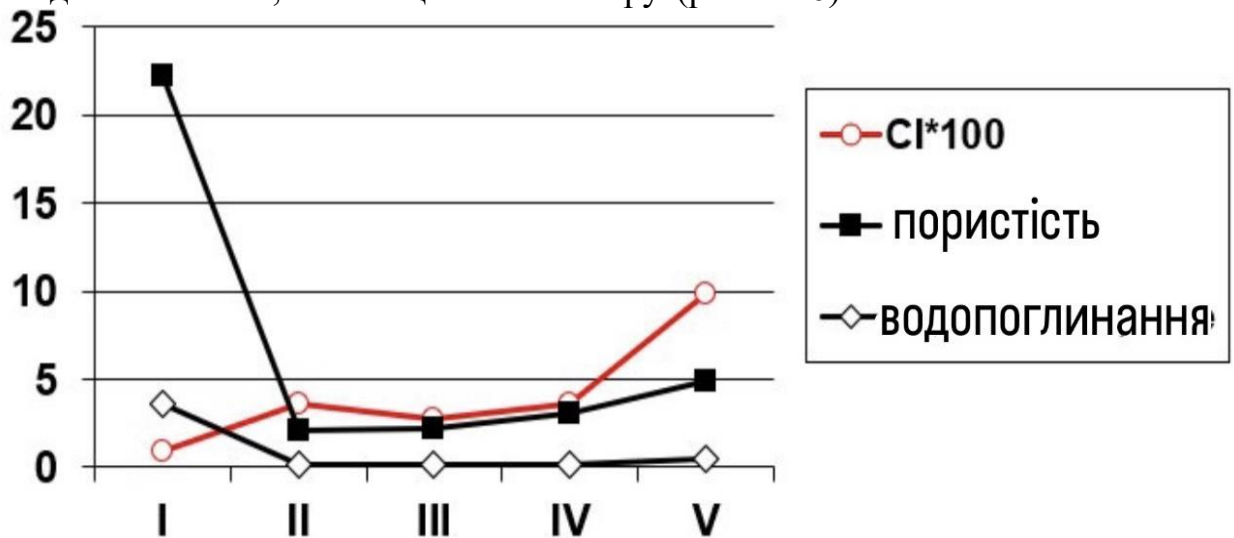


Рис. 2.16.

(гематитові тонкошаруваті кварцити) не перевищує двох сотих відсотка. Варіативність значень хлорності, пористості та водопоглинання у різних текстурно-мінералогічних різновидів I–V – різновиди (див. табл. 3.2).

Таким чином встановлено:

1. Основним джерелом іона хлору в рудах є хлориди натрію та калію — галіт і сильвін, які утворилися в результаті кристалізації з мінералізованих шахтних вод. Другою складовою хлору є хлорапатити, які можуть містити до 7% вільного хлору завдяки пористості та водопоглинанню різновидів.

2. Високопористі різновиди, окрім гематитової руди, характеризуються підвищеним вмістом хлору.

3. Низький вміст хлору в гематитовій руді пояснюється її попереднім промиванням. Це промивання неминуче проводиться для очищення поверхні шматків порід і руд від тонкодисперсного матеріалу, який ускладнює аналіз. Різниця в пористості руди та тонкошаруватих гематитових кварцитів у понад п'ять разів, ймовірно, забезпечує видалення значної частини хлоридів. Таким чином, можна припустити, що використання низькомінералізованої води у технологічному процесі під час переробки гематитових руд сприятиме частковому видаленню хлору. Це припущення можна екстраполювати на матеріал проб БР-1 та БР-3, оскільки вони представлені переважно мартитовою рудою.

4. Високий вміст хлору у тонкошаруватих гематитових кварцитах, ймовірно, пов'язаний з відкладенням солей з шахтних вод у їхніх тонких тріщинах і капілярах. У результаті простого промивання шматкового матеріалу крупністю -80+10 мм суттєвого видалення хлору не відбувається. Можливо, переробка у водному середовищі дрібноуламкового матеріалу некондиційної руди під час подрібнення, гравітації та мокрої магнітної сепарації сприятиме видаленню надлишкового хлору.

5. Також не виключається необхідність водної обробки окремих проміжних і кінцевих продуктів збагачення. У зв'язку з цим доцільно запланувати серію аналізів на хлор.

6. У криворізькій залізорудній сировині джерелами натрію можуть бути натрієві метасоматичні мінерали — егірин і рибекіт. Однак при макроскопічному вивченні сировини, представленої пробою БР-2, ці мінерали виявлені не були. Додатковим джерелом калію можуть слугувати слюди — мусковіт (його тонкопластинчастий різновид — серицит) і біотит. Ці мінерали можуть міститися у сланцях і кварцитосланцях. Макроскопічно ці мінерали також не були виявлені. Незначна їх кількість може бути визначена при мікроскопічному дослідженні прозорих шліфів. Джерелами калію та натрію в досліджуваній сировині, як зазначалося раніше, можуть бути хлориди, тому зниження хлорності призведе до зменшення вмісту лугів.

7. Джерелом  $\text{CO}_2$  традиційно є мінерали класу карбонатів — кальцит, сидерит тощо. Найбільш поширеним мінералом у залізорудній товщі Криворізької структури є кальцит. Його незначна кількість була визначена при вивченні дрібних класів матеріалу проби БР-2. Розподіл  $\text{CO}_2$  за текстурно-мінералогічними різновидами показує, що найбільше цього компонента міститься у сланцях і кварцитосланцях, частка яких у загальній масі проби невелика. Вміст же  $\text{CO}_2$  у провідній групі різновидів.

## 2.2. ФИЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РУДИ

Результати визначення фізичних властивостей руди представлені в табл. 2.9

Таблиця 2.9 – Результати скороченого комплексу фізико-механічних випробувань проби некондиційної руди ПраГ«Суша Балка»

| Проба шифр | Проба (руда) | Об'ємна щільність, кг/м <sup>3</sup> | Справжня щільність, кг/м <sup>3</sup> | Пористість, % | Водопоглинання, % | Коефіцієнт міцності по Протодяконову | Подрібнення, % |
|------------|--------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------|-------------------|--------------------------------------|----------------|
| НК         | НК           | 3670                                 | 3740                                  | 1,9           | 0,23              | 10                                   | 13,3           |

## 2.3. РЕЗУЛЬТАТИ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ МАТЕРІАЛУ ПРОБИ НЕКОНДИЦІЙНОЇ РУДИ, ПОДРІБНЕНОЇ ДО РІЗНОЇ КРУПНОСТІ

Результати ситового аналізу наведені в таб. 2.10-2.14 та на рис.2.17. Із проб отриманих фракцій було відібрано матеріал для мінералогічного та хімічного аналізів.

Таблиця 2.10. – Ситовий аналіз вихідної проби некондиційної руди

| Клас крупності, мм | Маса проби, г | Вихід приватний, % | Вихід по «+», % | Вихід по «-», % | Fe <sub>заг</sub> , % | Fe <sub>м</sub> , % | Вилучення Fe <sub>общ</sub> , % |
|--------------------|---------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------------------|
| +100               | 5614          | 2.0                | 2,0             | 100.00          | 39.6                  | 6.82                | 1.80                            |
| -100+80            | 15371         | 5.49               | 7,49            | 98,0            | 47                    | 8.92                | 5.89                            |
| -80+60             | 40314         | 14.40              | 21,89           | 92,51           | 43.5                  | 6.82                | 14.31                           |
| -60+45             | 30742         | 10.98              | 32,87           | 78,11           | 44.2                  | 6.93                | 11.09                           |
| -45+20             | 109066        | 38.95              | 71.82           | 67.13           | 44                    | 1.89                | 39.16                           |
| -20+16             | 22326         | 7.97               | 79.80           | 28.18           | 43.6                  | 5.88                | 7.94                            |
| -16+10             | 39419         | 14.08              | 93.88           | 20.20           | 43.9                  | 1.36                | 14.12                           |
| -10+6              | 14817         | 5.29               | 99.17           | 6.12            | 43.3                  | 14.59               | 5.23                            |
| -6+2               | 982           | 0.35               | 99.52           | 0.83            | 48.4                  | 5.98                | 0.39                            |
| -2+1               | 78            | 0.03               | 99.55           | 0.48            | 54.8                  | 1.36                | 0.04                            |
| -1+0.5             | 49            | 0.02               | 99.56           | 0.45            | 60,7                  | 2.41                | 0,03                            |
| -0,5+0.25          | 75            | 0.03               | 99.59           | 0.44            |                       |                     |                                 |
| -0,25+0.16         | 52            | 0.02               | 99.61           | 0.41            |                       |                     |                                 |
| -0,16+0.071        | 246           | 0.09               | 99.70           | 0.39            |                       |                     |                                 |
| -0,071+0.05        | 800           | 0.29               | 99.98           | 0.30            |                       |                     |                                 |
| -0,05+0            | 49            | 0.02               | 100.00          | 0.02            |                       |                     |                                 |
| Всього             | 280000        | 100.00%            |                 |                 | 43,77                 | 4.56                | 100                             |

Таблиця 2.11 – Ситовий аналіз проби некондиційної руди, подрібненою до 40-0 мм

| Клас крупності, мм | Маса проби, г | Вихід приватний, % | Вихід по «+», % | Вихід по «-», % |
|--------------------|---------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| -45+20             | 23750         | 61.49              | 61.49           | 100.00          |
| -20+16             | 4073          | 10.54              | 72.03           | 38.51           |
| -16+10             | 7023          | 18.18              | 90.21           | 27.97           |
| -10+6              | 3123          | 8.09               | 98.30           | 9.79            |
| -6+2               | 371           | 0.96               | 99.26           | 1.70            |
| -2+1               | 40            | 0.10               | 99.36           | 0.74            |
| -1+0.5             | 19            | 0.05               | 99.41           | 0.64            |
| -0,5+0.25          | 21            | 0.05               | 99.46           | 0.59            |
| -0,25+0.16         | 12            | 0.03               | 99.50           | 0.54            |
| -0,16+0.071        | 55            | 0.14               | 99.64           | 0.50            |
| -0,071+0.05        | 137           | 0.35               | 99.99           | 0.36            |
| -0,05+0            | 3             | 0.01               | 100.00          | 0.01            |
| Всього             | 38627         | 100.00%            |                 |                 |

Таблиця 2.12. – Ситовий аналіз проби некондиційної руди, подрібненою до 16-0 мм

| Клас крупності, мм | Маса проби, г | Вихід приватний, % | Вихід по «+», % | Вихід по «-», % | Фезаг, % | Вилучення Fe <sub>общ</sub> , % |
|--------------------|---------------|--------------------|-----------------|-----------------|----------|---------------------------------|
| -16+10             | 17112         | 34.96              | 34.96           | 100.00          | 41.48    | 35.34                           |
| -10+6              | 27330         | 55.83              | 90.79           | 65.04           | 42.08    | 57.25                           |
| -6+2               | 2364          | 4.83               | 95.62           | 9.21            | 46.69    | 5.49                            |
| -2+1               | 569           | 1.16               | 96.78           | 4.38            | 44.78    | 1.26                            |
| -1+0.5             | 244           | 0.50               | 97.28           | 3.22            | 53.9     | 0.66                            |
| -0,5+0.25          | 200           | 0.41               | 97.69           | 2.72            |          |                                 |
| -0,25+0.16         | 88            | 0.18               | 97.87           | 2.31            |          |                                 |
| -0,16+0.071        | 417           | 0.85               | 98.72           | 2.13            |          |                                 |
| -0,071+0.05        | 260           | 0.53               | 99.25           | 1.28            |          |                                 |
| -0,05+0            | 365           | 0.75               | 100.00          | 0.75            |          |                                 |
| Всього             | 48950         | 100.00             |                 |                 | 41.04    | 100.00                          |

Таблиця 2.13. – Ситовий аналіз проби некондиційної руди, подрібненою до 5-0 мм в лабораторній валковій дробарці

| Клас крупності, мм | Маса проби, г | Вихід приватний, % | Вихід по «+», % | Вихід по «-», % | Фезаг, % | Вилучення Фезаг, % |
|--------------------|---------------|--------------------|-----------------|-----------------|----------|--------------------|
| -5+2               | 1012          | 53.38              | 53.38           | 100.00          | 41.67    | 51.52              |
| -2+1               | 396           | 20.89              | 74.27           | 46.62           | 42.17    | 20.40              |

|             |      |        |        |       |       |      |
|-------------|------|--------|--------|-------|-------|------|
| -1+0.5      | 142  | 7.49   | 81.76  | 25.73 | 43.67 | 7.58 |
| -0,5+0.25   | 92   | 4.85   | 86.61  | 18.24 | 46.28 | 5.20 |
| -0,25+0.16  | 30   | 1.58   | 88.19  | 13.39 | 54.49 | 1.99 |
| -0,16+0.071 | 60   | 3.16   | 91.35  | 11.81 | 52.09 | 3.81 |
| -0,071+0.05 | 43   | 2.27   | 93.62  | 8.65  | 50.09 | 2.63 |
| -0,05+0     | 121  | 6.38   | 100.00 | 6.38  | 46.48 | 6.87 |
| Всього      | 1896 | 100.00 |        |       | 43.18 | 100  |

Таблиця 2.14 – Ситовий аналіз проби некондиційної руди, подрібненою до 5-0 мм в промисловій валковій дробарці

| Клас крупності, мм | Маса проби, г | Вихід приватний, % | Вихід по «+», % | Вихід по «-», % | Фезаг, % | Вилучення Fe <sub>общ</sub> , % |
|--------------------|---------------|--------------------|-----------------|-----------------|----------|---------------------------------|
| -5+2               | 33            | 6,57               | 6,57            | 100,00          | 40,83    | 6,11                            |
| -2+1               | 155           | 30,88              | 37,45           | 93,43           | 44       | 30,93                           |
| -1+0.5             | 130           | 25,90              | 63,35           | 62,55           | 41,23    | 24,31                           |
| -0,5+0.25          | 86            | 17,13              | 80,48           | 36,65           | 41,42    | 16,16                           |
| -0,25+0.16         | 27            | 5,38               | 85,86           | 19,52           | 52,61    | 6,44                            |
| -0,16+0.071        | 33            | 6,57               | 92,43           | 14,14           | 54,79    | 8,20                            |
| -0,071+0.05        | 8             | 1,59               | 94,02           | 7,57            | 52,41    | 1,90                            |
| -0,05+0            | 30            | 5,98               | 100,00          | 5,98            | 43,69    | 5,94                            |
| Всього             | 502           | 100                |                 |                 | 43,92    | 100,00                          |

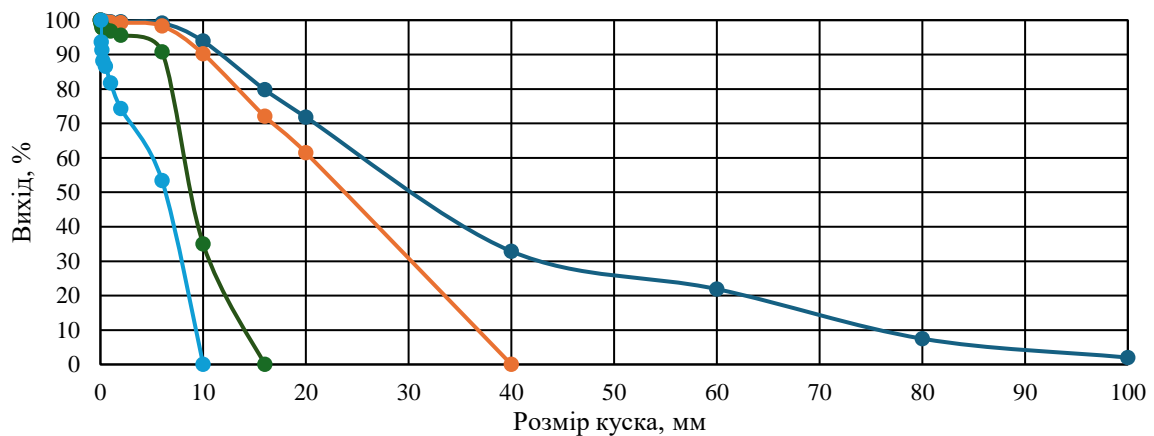


Рис. 2.17. Ситова характеристика некондиційної руди, крупністю 100-0 мм, 40-0 мм, 16-0 мм, 5-0 мм

— РУДА 100-0 мм — РУДА 40-0 — РУДА 16-0 — РУДА 5-0 мм

Аналіз гранулометричного складу некондиційної руди показав, що в класах крупності -0,25+0,05 мм відбувається концентрація заліза за рахунок

вибіркового дроблення мартиту, як мінералу, більш схильного до руйнування, ніж кварц.

Суттєва різниця у фізико-механічних властивостях рудної частини гірської маси та кварциту зумовлює концентрацію останнього в кусковій частині руди (фракція понад 20 мм) під час видобутку та дроблення її на приштрекових дробильно-сортувальних фабриках.

При дробленні матеріалу проби в промисловій валковій дробарці крупність матеріалу склала 62,55 % класу менше 1 мм. Цей факт свідчить про можливість використання валків високого тиску як першої стадії подрібнення (табл. 2.14).

Тому було прийнято рішення встановити у схемі рудопідготовки валки високого тиску для отримання продукту крупністю -1+0 мм, що значно зменшить енергозатрати під час подрібнення.

## 2.4 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

Програма проведення технологічних випробувань включала детальне вивчення мінералогічного та гранулометричного складу матеріалу, проведення магнітного аналізу, експериментів із сухої магнітної сепарації (СМС), гравітаційного збагачення на діючому лабораторному обладнанні, дослідження кінетики подрібнення руди, а також аналіз отриманих результатів.

Для виконання всього комплексу досліджень проби руди скорочувалися за стандартною схемою. Підготовлені проби далі відправлялися на дослідження з гравітаційної та магнітної сепарації. Від проб відбирали зразки для хімічного аналізу та мінералогічних досліджень.

Мінеральний склад вихідної руди вивчався макроскопічно та мікроскопічно у прохідному й відбитому світлі.

Для верхніх класів +1,0 мм застосовувалася рудорозбірка з виділенням у складі кожного класу крупності текстурно-мінералогічних різновидів. Мінеральний склад виділених різновидів визначався за допомогою петрографічних та мінераграфічних мікроскопів. Підрахунок кількості мінералів здійснювався методом стандартного препарату. Одночасно за допомогою окуляр-мікрометра проводилася попередня оцінка гранулометрії основних мінералів проб руди. Це дозволило орієнтовно встановити клас крупності з максимальною ступенем розкриття зерен.

Мінералогічний аналіз було проведено для класифікованого подрібненого мінералу початкової проби. З кожної фракції методом квартування було відібрано вторинні навішування, що в середньому склалися з 314 уламків. Цей матеріал було розділено на дві категорії: чисті уламки та зростки. Серед останніх було виділено дві групи:

- багаті зростки, складені більш ніж на 50 % одним мінералом;
- бідні зростки, які містять цей мінерал до 50 %.

Після перерахунку на чистий уламок розраховувалося вміст мінералів у кожній фракції.

Співвідношення чистих уламків і зростків у класах крупності давало точну картину ступеня розкриття зерен після дроблення.

З проби руди, яка складалася з малих проб, після ретельного усереднення методом перемішування, дроблення до різної крупності та поділу на частини, були сформовані проби для вивчення збагачуваності матеріалу різної крупності.

Відбір і підготовка проб для хімічного аналізу та визначення масової частки вологи проводилися відповідно до ГОСТ 16598-80.

Схема вивчення фізико-механічних властивостей руди включала визначення таких показників:

1. вологість початкової руди – за ГОСТ 15054-84;
2. насипна щільність, яка розраховувалася за формулою:

$$\gamma_n = \frac{P(1-W)}{V}, \text{ кг / м}^3$$

де: P – навішування проби, кг; V – об'єм мірного посуду, м<sup>3</sup>; W – масова частка вологи в частках одиниці.

3. Гранулометричний склад матеріалу, який визначався за допомогою ситового аналізу.

Ситовий аналіз вихідної руди та продуктів збагачення проводився за допомогою набору сит із модулем шкали 2 на механічному струшувачі. Результати оформлялися у вигляді таблиць і графічних залежностей.

Дроблення руди виконувалося послідовно на щоккових і валкових дробарках. Вивчення кінетики подрібнення руди проводилося за стандартною методикою при часі подрібнення 10, 20, 30, 40, 60 хв у лабораторних млинах об'ємом 7 і 14 л відповідно.

При вивченні кінетики подрібнення співвідношення тверде : рідина : шари (Т : Р : Ш) становило 1 : 0,33 : 10. Маса навішування для подрібнення становила 1,892 кг і 3,784 кг для млинів об'ємом 7 і 14 л відповідно. Кількість руди для навішування визначалася за методикою Механобру. Маса шарів – 28,980 кг. Подрібнення здійснювалося мокрим способом.

За даними ситового аналізу руди, подрібненої до 0,05 мм, будувалися залежності виходу готових класів від часу подрібнення продукту до 90 %

готового класу і розраховувалася питома продуктивність млина за формулою:

$$q = \frac{60 \cdot P \cdot 0,9}{t \cdot V} \text{ кг / м}^3 \text{ год}$$



де  $P$  – навішування руди, кг;  $t$  – час подрібнення, необхідний для отримання 90% готового класу, хв;  $V$  – об'єм млина, м<sup>3</sup>.

Магнітний аналіз руди проводився за допомогою магнітного аналізатора АМ. Аналіз виконувався поетапно з виділенням магнітної фракції при поступовому підвищенні індукції магнітного поля від 100 до 1000 мТл.

Програма досліджень передбачала суху магнітну сепарацію матеріалу крупністю 16-0 мм, 5-0 мм, 2-0 мм із різною масовою часткою загального заліза. Сепарація проводилася в магнітних сепараторах, робоча зона яких була оснащена магнітним полем, створеним постійними магнітами.

Для сухого магнітного збагачення використовували барабанні сепаратори з верхньою подачею вихідної сировини: магнітний сепаратор БС-31,5/30-Н. Магнітний сепаратор виготовлений ЧМП «НВФ «Продекологія». У ході досліджень на зразках руди крупністю 20-0 мм алгоритм експериментів включав:

-безпосередньо суху магнітну сепарацію в одну стадію для проб крупністю 16-0 мм,

-суху сепарацію фракцій крупністю 5-2 мм і 2-0 мм.

Дослідження в лабораторних умовах із мокрим магнітним збагаченням у сильному полі виконувалися на магнітному аналізаторі та сепараторі роторного типу. У робочу зону сепаратора, що складається з рифлених пластин висотою 200 мм, надходив матеріал, який містив 70% класу менше 0,074 мм із масовою часткою твердого – 30%. Навантаження на матрицю становило 0,2 г/см<sup>3</sup>. У сепараторі застосовували скальпуючий ротор із індукцією втричі меншою, ніж у осьових роторів. Скальпуючий ротор звільняв пластини основних роторів від частини магнітного продукту, що дозволяло підвищити вилучення частинок, що містять залізо, до магнітного продукту. Індукція магнітного поля змінювалася від 0,6 до 1,2 Тл.

Гравітаційне збагачення здійснювалося на концентраційному столі СКЛ-2 із навантаженням 15-20 кг/год за крупності вихідного матеріалу менше 1 мм. Кут нахилу деки столу змінювався від 2 до 10 градусів, хід деки – від 10 до 16 мм, частота коливань деки – від 4 до 7 Гц.

## 2.5 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ У НАПІВПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ.

Схема проведення випробувань включала такі технологічні цикли (рис. 2.18, 2.19):

1. Подрібнення вихідного продукту-до крупності 90-95% класу мінус 0,071 мм;

2. Магнітну сепарацію у слабкому (НІМС) та сильному полях (ВІМС) з індукцією магнітного поля 0,1-0,16 Тл та 1,2 Тл подрібненого матеріалу крупністю 90-95 % класу -0,071+0 мм.

3. Гравітаційне збагачення магнітних продуктів НІМЗ та ВІМС із використанням спіральних концентраторів.

4. З метою зниження втрат заліза із хвостами окремо передбачалася перевірка операції переміщення немагнітного продукту ВІМС на концентраційних столах.

5. Зневоднення концентрату та хвостів. За виконання випробувань проводилося зняття питомих навантажень за операціями (подрібнення, класифікація, магнітна сепарація, гравітація, згущення). Під час проведення випробувань проводилося балансове випробування всіх продуктів схеми з напрацюванням партії промпродуктів, концентратів і хвостів. Визначення технологічних параметрів роботи обладнання та фізико-хімічних характеристик промпродуктів збагачення руди. (загального)», ДСТУ 3210-95 «Визначення гранулометричної характеристики методом ситового аналізу» та ін.

Обладнання та прилади, які застосовуються при випробуваннях.

- Пробовідбірники; • Ваги електронні;
- Механічний ситовий аналізатор;
- Мірна ємність  $V = 0,001 \text{ м}^3$
- Секундомір.

Загальний вигляд обладнання наведений на рис. 2.20

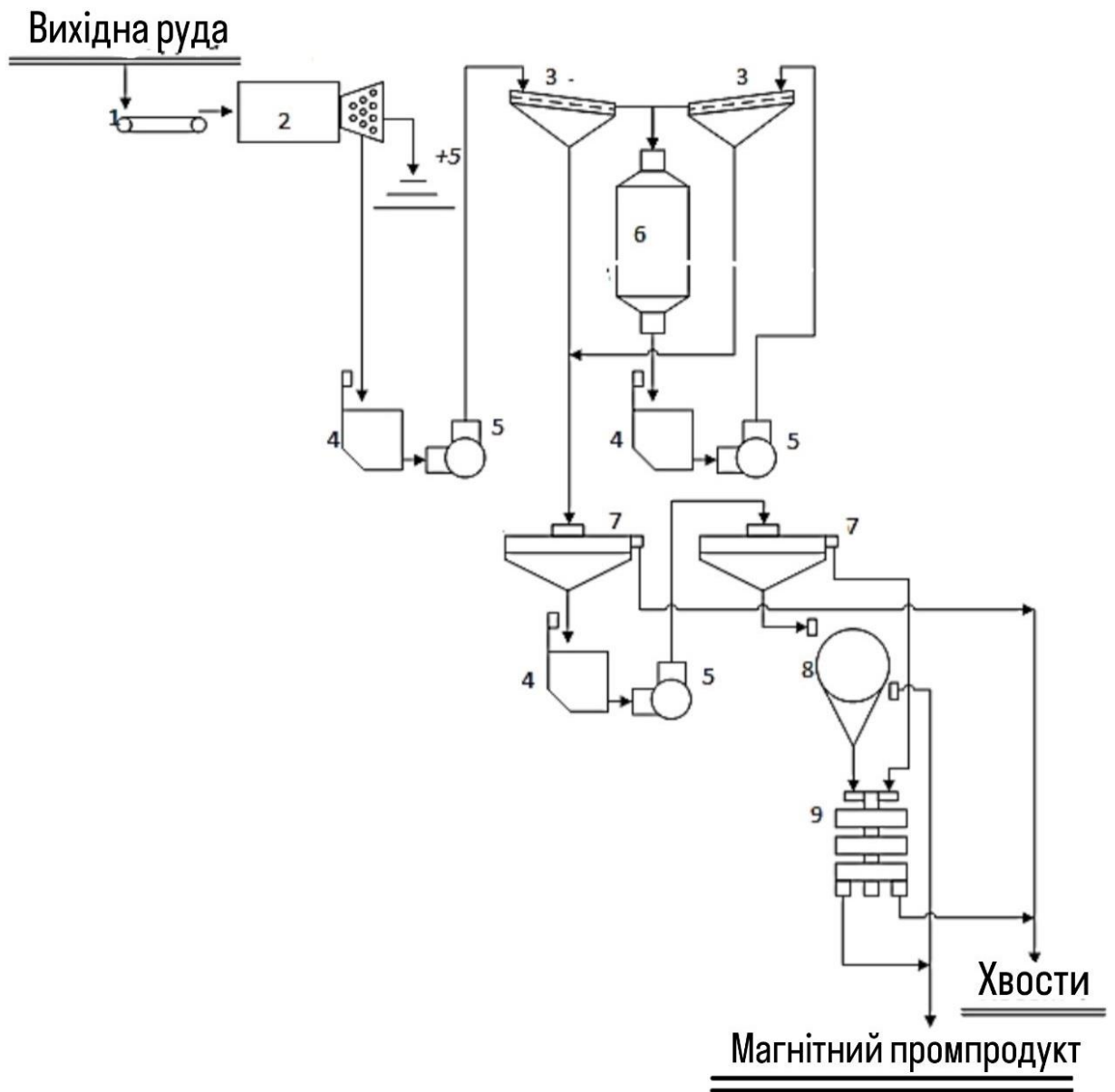


Рис. 2.18 Схема ланцюга апаратів магнітного збагачення некондиційної руди ш. Ювілейна при випробуваннях у напівпромислових умовах:

1- стрічковий конвеєр Б600 L16 м; 2 - скруббер-бутара СББ-0,9; 3 – вібраційний гуркіт DEWATERING FINES SCREEN MODEL DFS 24; 4 – зумпф насоса; 5 – насос ВТ 40, 6 – млин МШ-АПМ-900×1800 ЦРМ22 (об'ємом 0,9 м<sup>3</sup>); 7 - згущувач площею згущення 2м<sup>2</sup>; 8 – магнітний сепаратор СБам 0,9/0,3; 9 – роторний магнітний сепаратор БЕРМ 70А. Для відкачування хвостів використовувався насос BASA 302

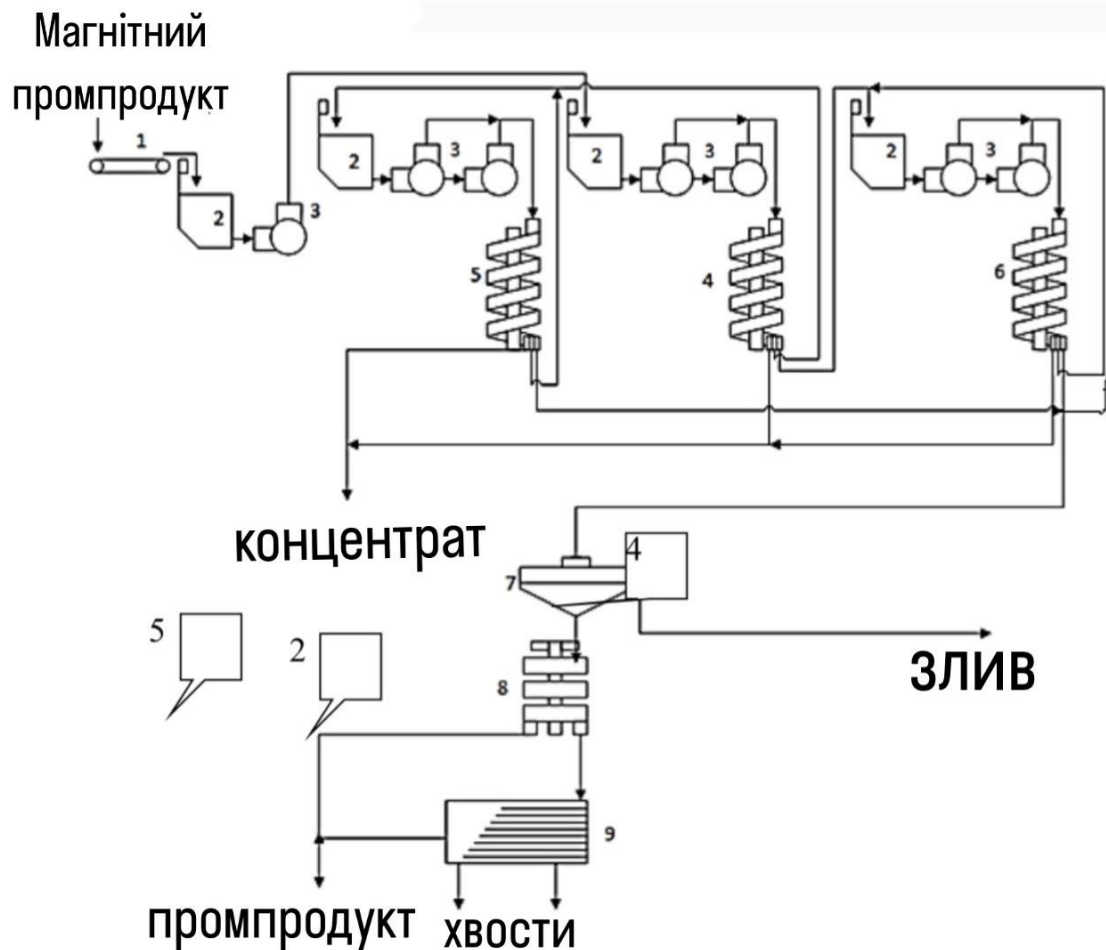


Рис. 2.19 Схема ланцюга апаратів технології гравітаційно-магнітного доведення магнітних продуктів НІМС та ВІМС, отриманих з некондиційної руди ш. Ювілейна при випробуваннях у напівпромислових умовах:

- 1- стрічковий конвеєр Б600 L16 м; 2 – зумпф насоса; 3 – насос ВТ 40, 4 – спіральний сепаратор МG 6.3 виробництва компанії «Сітко» для основної концентрації; 5 – спіральний сепаратор МG 6.2 виробництва компанії «Сітко» для промпродуктової концентрації; 6 – спіральний сепаратор FM1 виробництва компанії «Сітко» для контрольної концентрації; 7 - згущувач площею згущення 2м2; 8 – роторний магнітний сепаратор 6ЕРМ 70 А; 9 – концентраційний стіл Holman 8000. Для відкачування хвостів використовувався насос BASA 302.



Рис. 2.20. Зовнішня частина установки, змонтованої для проведення випробувань у напівпромислових умовах

## РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. ПОДРІБНЮВАНІСТЬ, СХИЛЬНІСТЬ МІНЕРАЛІВ ДО ПЕРЕДРІБНЕННЯ ТА УТВОРЕННЯ ШЛАМІВ

Дослідження з кінетики подрібнення проводили на руді крупністю -5+0 мм. Насипна маса руди становила 2250 кг/м<sup>3</sup>. Дослідження здійснювали у відкритому циклі з використанням млина періодичної дії D×L = 300×200 мм, об'ємом 14 л. Шарове завантаження становило 45% від об'єму барабана. Маса завантаження складала 28,980 кг: шари діаметром 40 мм – 14,490 кг, шари діаметром 25 мм – 14,490 кг.

Дослідження з кінетики подрібнення крупністю -5+0 мм проводили з метою розрахунку продуктивності проектного промислового млина для переробки некондиційної руди ПрАТ «Суша Балка». Лабораторні дослідження щодо здрібнюваності проводили за методикою інституту «Механобрчермет», розробленою С.Ф. Шинкоренком. Методика передбачає визначення питомої продуктивності промислового млина на основі результатів, отриманих у лабораторних умовах під час подрібнення досліджуваної та еталонної руд.

У таблиці 3.1 та на рисунку 3.1 наведено результати подрібнення проб, що включають гранулометричний склад вихідних і подрібнених проб за різного часу подрібнення. За результатами лабораторних досліджень здійснювалися розрахунки питомої продуктивності млина за готовим класом 0,074+0 мм.

Результати розрахунків наведені у табл. 3.1–3.2 і представлені на рис. 3.1–3.2. На основі розрахунків визначали коефіцієнти відносної здрібнюваності, обчислені за питомою продуктивністю ( $K_{II}^q$ ) за готовим класом у частках одиниць (табл. 3.2).

Коефіцієнти розраховували за формулою:

$$K_{II}^q = \frac{q_{II}^{0,074}}{q_A}, \text{ дол. ед.}$$

де:  $q_{II}^{0,074}$  -питома продуктивність млина за готовим класом під час подрібнення досліджуваної та еталонної руд, т/(м<sup>3</sup>·год).

Як аналог прийнято здрібнюваність окислених кварцитів НКГЗК (4 життєвий горизонт) за даними роботи Є.П. Саліщевої (1978).

Таблиця 3.1 — Кінетика подрібнення некондиційної руди ПрАТ «Суха Балка» у лабораторному млині МЛІ-300х200 об'ємом 14 л\*

| Класи<br>крупності,<br>мм | Вихід класів крупності, % |         |          |         |          |         |          |         |          |         |
|---------------------------|---------------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
|                           | t=0 хв.                   |         | t=10 хв. |         | t=20 хв. |         | t=30 хв. |         | t=40 хв. |         |
|                           | приватний                 | сумарн. | приват.  | сумарн. | приват.  | сумарн. | приват.  | сумарн. | приват.  | сумарн. |
| +5                        | 8,0                       | 8,0     | 4,62     | 4,62    | 2,03     | 2,03    | 0,61     | 0,61    | 0,32     | 0,32    |
| -5+2                      | 45,38                     | 53,38   | 14,64    | 19,26   | 8,88     | 10,91   | 2,27     | 2,88    | 1,37     | 1,69    |
| -2+1                      | 20,89                     | 74,27   | 4,86     | 24,12   | 1,29     | 12,20   | 0,29     | 3,17    | 0,13     | 1,82    |
| -1+0,5                    | 7,49                      | 81,76   | 3,99     | 28,11   | 0,98     | 13,18   | 0,21     | 3,38    | 0,11     | 1,93    |
| -0,5+0,25                 | 4,85                      | 86,61   | 9,86     | 37,97   | 3,91     | 17,09   | 0,85     | 4,23    | 0,29     | 2,22    |
| -0,25+0,16                | 1,58                      | 88,19   | 6,79     | 44,76   | 4,73     | 21,82   | 2,30     | 6,53    | 0,50     | 2,72    |
| -0,16+0,071               | 3,16                      | 91,35   | 13,03    | 57,79   | 17,42    | 39,24%  | 14,80    | 21,33   | 9,17     | 11,89   |
| -0,071+0,05               | 2,27                      | 93,62   | 5,21     | 63,00   | 8,09     | 47,33   | 8,19     | 29,52   | 9,22     | 21,11   |
| -0,05+0,01                | 4,00                      | 97,62   | 33,03    | 96,03   | 47,97    | 95,30   | 63,74    | 93,26   | 74,74    | 95,85   |
| -0,01+0                   | 2,38                      | 100,0   | 3,97     | 100,00  | 4,70     | 100,00% | 6,74     | 100,00  | 4,15     | 100,0   |
| Всього                    | 100,0                     |         | 100      | 100     | 100,0    |         | 100,0    |         | 100,0    |         |
| D срвз                    | 2.26                      |         | 0.94     |         | 0.5      |         | 0.17     |         | 0.1      |         |
| D <sub>95</sub>           | 7                         |         | 4.8      |         | 3        |         | 0.2      |         | 0.1      |         |
| D <sub>80</sub>           | 5.8                       |         | 2        |         | 0.16     |         | 0.15     |         | 0.05     |         |
| D <sub>50</sub>           | 2.2                       |         | 0.1      |         | 0.04     |         | 0.04     |         | 0.025    |         |

\* Примітка: Наважка руди– 3,784 кг.

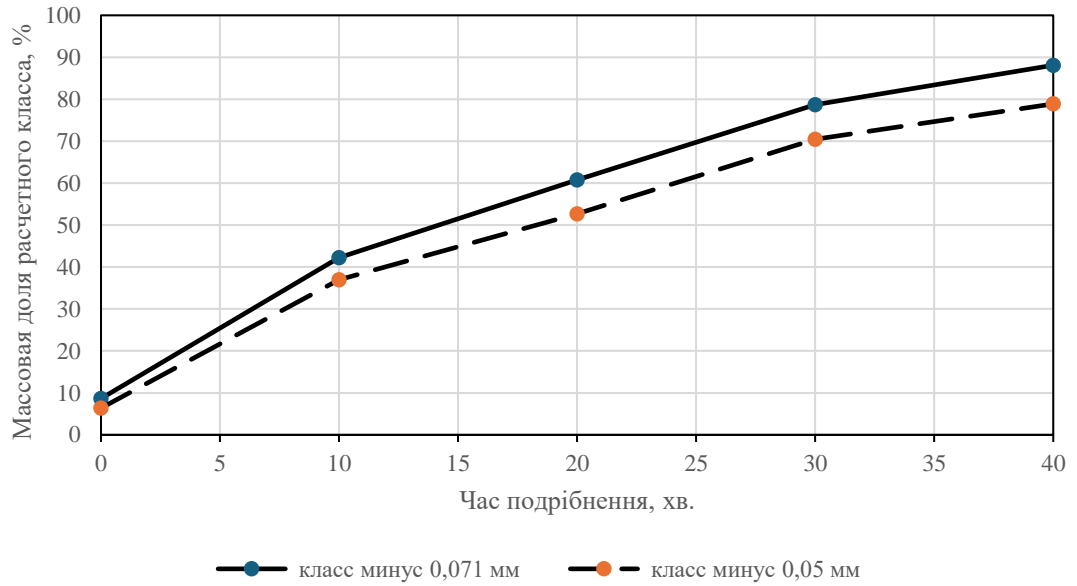


Рис. 3.1 Кінетика подрібнення некондиційної руди

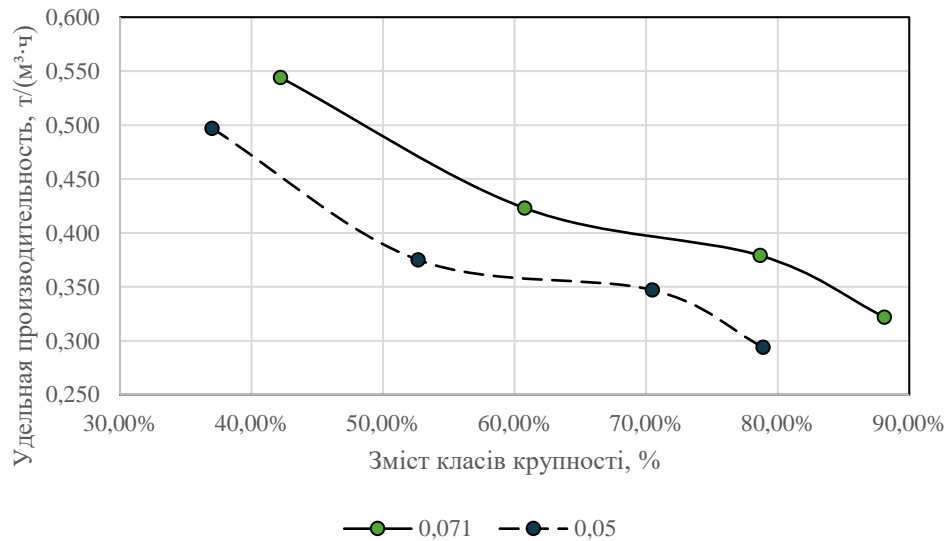


Рис.3.2 Залежність питомої продуктивності млина від крупності подрібнення



Таблиця 3.2 – Результати розрахунку коефіцієнта відносної подрібнюваності некондиційної руди ПрАТ «Суша Балка» за даними лабораторних досліджень

| Руда              | Масова частка класа 0,071+0 мм, % |                  |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
|-------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                   | $\beta^{0,071}=42,21\%$           |                  | $\beta^{0,071}=60,76\%$ |                  | $\beta^{0,071}=78,67\%$ |                  | $\beta^{0,071}=88,11\%$ |                  |
|                   | $q^{0,071}$                       | $K_{\text{ц}}^q$ | $q^{0,071}$             | $K_{\text{ц}}^q$ | $q^{0,071}$             | $K_{\text{ц}}^q$ | $q^{0,071}$             | $K_{\text{ц}}^q$ |
| некондиція        | 0,544                             |                  | 0,423                   | 1,06             | 0,379                   | 1,25             | 0,322                   |                  |
| НКГОК<br>(аналог) |                                   | -                | 0,4                     | -                | 0,302                   | -                |                         | -                |

У результаті виконаних досліджень встановлено, що відносна здрібнюваність некондиційної руди ПрАТ «Суша Балка» порівняно з окисленими рудами 4 життєвого горизонту НКГЗК становить  $1,06 \div 1,25$  відповідно при крупності подрібнення за класом 0,071+0 мм від 60 до 78%.

### 3.2 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ МЕЛЬНИЦЫ

#### 3.2 РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОЄКТОВАНОГО МЛИНА

У основу розрахунку навантажень на обладнання для подрібнення I стадії покладена розрахункова продуктивність млина МШР-3600х4000 при подрібненні окисленої руди 4 життєвого горизонту НКГЗК до 75% за класом - 0,071+0 мм за даними Саліщевої (1978).

Розрахункова продуктивність млина МШР-3600х4000 при подрібненні некондиційної руди ПрАТ «Суша Балка» до 78% за класом -0,071+0 мм складе:

$$Q_{\text{пр}}^{36 \times 40} = Q_{\text{ан}}^{36 \times 40} \cdot K_{78}^q$$

$$Q_{\text{НК}}^{36 \times 40} = 96,8 \times 1,25 = 121,0 \text{ т/год,}$$

де  $Q_{\text{пр}}^{36 \times 40}$  и  $Q_{\text{ан}}^{36 \times 40}$  — продуктивність млина МШР-3600х4000 при подрібненні окислених руд відповідно ПрАТ «Суша Балка» та НКГЗК;

$K_{78}^q$  – відносна здрібнюваність при крупності подрібнення 78% за класом 0,071+0 мм. При крупності подрібнення 88% за класом 0,071+0 мм продуктивність базового проєктованого млина МШР-3600х4000 складе:

відносна здрібнюваність при крупності подрібнення 78% за класом 0,071+0 мм.

При крупності подрібнення 88% за класом 0,071+0 мм продуктивність базового проектного млина МШР-3600х4000 складе:

$$Q^{36 \times 40} = Q_{\text{пр}}^{36 \times 40} \cdot K_{\text{кр}}, \text{ т/год}$$

$$Q^{36 \times 40} = 121,0 \times 0,836 = 101,15 \text{ т/год}$$

де  $K_{\text{кр}}$  – коефіцієнт враховує крупність подрібнення, частки одиниць

У результаті виконаних лабораторних досліджень з кінетики подрібнення некондиційних руд ПрАТ «Суша Балка» визначено продуктивність базового проектного млина МШР-3600х4000, яка при крупності подрібнення 88% за класом -0,071+0 мм становить 101,15 т/год.

Дослідження розкриття мінеральних зростків проводили на матеріалі проб, подрібнених у двох різних режимах подрібнення: каскадному (млин 1 – об'ємом 7 л) і водоспадному (млин 2 – об'ємом 14 л) за часу подрібнення 10, 20, 30, 40 хвилин.

У процесі дослідження матеріалу крупністю -5+0 мм було встановлено, що основний корисний мінерал сировини – гематит, зокрема його різновид мартит, розкривається на 88% у класі крупності -0,071+0,05 мм. У класі крупності -0,05 мм мартит розкривається повністю. Дисперсний гематит, друга за кількістю різновид гематиту, навіть у класі -0,05 мм не розкривається повністю в результаті подрібнення.

Мінералогічний аналіз продуктів подрібнення матеріалу крупністю -5+0 мм, отриманих у двох млинах із різними способами руйнування та за різної тривалості подрібнення, проводився за методикою, аналогічною до вивчення вихідного матеріалу проби БР-2.

Аналіз отриманих даних показав наступне:

1. При подрібненні у млині з каскадним режимом руху подрібнюючих тіл (млин 1) кількість мартитових зростків у класі -0,071+0,05 мм зменшується незначно – з 11,5 об.% (20 хв.) до 7,7 об.% (60 хв.).

2. При подрібненні у млині з водоспадним режимом руху подрібнюючих тіл (млин 2) кількість мартитових зростків у класі -0,071+0,05 мм знижується з 11,0 об.% (10 хв.) до 3,3 об.% (40 хв.). Вже за 20 хв. кількість зростків у цьому класі падає втричі порівняно з вихідною подрібненою рудою – з 12,3 до 4,0 об.%. За 30 хв. подрібнення вміст зростків падає до 3,5 об.%.

3. Порівняння матеріалу за класами крупності після подрібнення у 2-му млині за 20 та 30 хв. показало, що за 30 хвилин руйнування більша частка

вільних маритових уламків переходить у клас  $-0,05$  мм (приблизно на 10 об.% більше).

4. Порівняння матеріалу класу  $-0,071+0,05$  мм після 30 і 40 хвилин подрібнення у 2-му млині не виявило суттєвої різниці. Мартит розкритий у приблизно однаковій кількості – 96,5 і 96,7 об.% відповідно. Однак у клас  $-0,05$  мм після 40 хвилин руйнування переходить на 2,0 об.% більше мартиту.

5. Порівняння класів крупності після 10 хвилин подрібнення у 2-му млині (об'єм 14 л, водоспадний режим) і 20 хвилин у 1-му млині (об'єм 7 л, каскадний режим) показало близькі результати: у класі крупності нерозкритих маритових уламків міститься близько 11,0 об.%.

6. Індивіди дисперсного гематиту внаслідок подрібнення протягом усіх тимчасових режимів також не розкриваються на 100% у класі  $-0,05$  мм.

7. Рекомендується прийняти робочими класами  $-0,071$  і  $-0,05$  мм. Найбільш оптимальними режимами подрібнення можна вважати 20 і 30 хвилин у 2-му млині.

### 3.3. РЕЗУЛЬТАТИ МАГНІТНОГО АНАЛІЗУ ПРОБИ НЕКОНДИЦІЙНОЇ РУДИ

Магнітний аналіз матеріалу проби крупністю 40-0 мм і 16-0 мм не показав значних результатів у розділенні мінералів. Так, при крупності руди 40-0 мм із масовою часткою загального заліза 44-45% у магнітний продукт при індукції магнітного поля 1,2 Тл виділено лише 4% матеріалу. Приріст заліза в магнітному продукті склав 0,8-1,2%. Масова частка заліза в немагнітному продукті становила 42,8%. При крупності руди 16-0 мм вихід магнітного продукту склав 6%. Приріст заліза у магнітному продукті становив 1,8%. Масова частка заліза у немагнітному продукті склала 40,7%.

У табл. 3.3 наведено результати магнітного аналізу проб руди різної крупності та складу.

Було проведено суху магнітну сепарацію руди різної крупності.

При класифікації руди крупністю 16-0 мм за зерном 5 мм і роздільній магнітній сепарації фракцій 16-5 мм і 5-0 мм вихід магнітного продукту склав 33,68%. Масова частка загального заліза в цьому продукті становила 50,6%. Масова частка загального заліза у немагнітному продукті (вихід 66,32%) при цьому становила 40,65%. Аналогічна картина спостерігалась і при магнітній сепарації матеріалу проби крупністю 5-0 мм. При сепарації матеріалу проби, класифікованої за зерном 2 мм (табл. 7.9), отримано магнітний продукт із масовою часткою загального заліза 51,01% та 38,74% за виходом. Масова

частка загального заліза в немагнітному продукті (вихід 61,26%) при цьому становить 40,77%.

Аналіз отриманої інформації показав таке:

1. Мартит у досить високій концентрації міститься у всіх продуктах СМС. Найвищий вміст мартиту зафіксовано в магнітному (600 мТл) продукті — 53,0-60,0 об.%. Дещо менше його у сильномагнітній (300 мТл) фракції — 47,0-85,5 об.%. У сильномагнітному продукті (1000 мТл) вміст мартиту ще більше знижується і досягає 53,8-54,6 об.%. У немагнітному продукті кількість мартиту найменша і коливається в межах 33,9-36,1 об.%.

2. Характер розподілу дисперсного гематиту має інший вигляд. Максимально багато його міститься у немагнітній фракції — 16,0-16,8 об.%. У магнітних продуктах кількість дисперсного гематиту змінюється стрибкоподібно. Зниження вмісту цього різновиду гематиту спостерігається при переході від сильномагнітної до магнітної фракції: з 9,2-11,4 до 7,0-12,0 об.%. У слабомагнітній фракції кількість дисперсного гематиту змінюється в межах 11,1-13,4 об.%.

3. Зміна кількості кварцу у магнітних продуктах має свої особливості. Найбільше його міститься у сильномагнітному продукті, зокрема в його великій частині (-5+2 мм), досягаючи 31,3 об.%. У магнітному та слабомагнітному продуктах вміст кварцу подібний і коливається в інтервалі 23,5-24,7 об.%. Це можна пояснити тим, що уламки мартитового кварциту з високим вмістом кварцу одночасно містять більше реліктового магнетиту, що залишився внаслідок неповної мартитизації останнього. У немагнітному продукті кількість кварцу наближається до 40,0 об.%.

Таблиця 3.3 – Магнітний аналіз некондиційної руди, подрібненої до 5-0 мм і класифікованої за зерном 2 мм

Крупність 5-2 мм

| Продукт         | Індукція, мТл | Вихід, % | Фезаг, % | Фезал, % | Вилучення Фезаг, % | Вилучення Фезал, % |
|-----------------|---------------|----------|----------|----------|--------------------|--------------------|
| немагнітний     | 0             | 67.29    | 40.7     | 0.94     | 62.24              | 51.60%             |
| сильномагнітний | 300           | 4.59     | 48.82    | 6.54     | 5.09               | 24.49              |
| магнітний       | 600           | 12.34    | 51.5     | 1.57     | 14.44              | 15.80              |
| слабомагнітний  | 1000          | 15.78    | 50.8     | 0.63     | 18.22              | 8.11               |
| Всього          |               | 100.00   | 44       | 1.23     | 100                | 100                |

Крупність 2-0 мм

| Продукт         | Індукція, мТл | Вихід, % | Фезаг, % | Фезал, % | Вилучення Фезаг, % | Вилучення Фезал, % |
|-----------------|---------------|----------|----------|----------|--------------------|--------------------|
| немагнітний     | 0             | 54.36    | 40.85    | 0.88     | 48.74              | 48.01              |
| сильномагнітний | 300           | 5.17     | 52.8     | 3.99     | 5.99               | 20.70              |

|                |      |       |       |      |        |       |
|----------------|------|-------|-------|------|--------|-------|
| магнітний      | 600  | 14.92 | 51.6  | 0.84 | 16.90  | 12.58 |
| слабомагнітний | 1000 | 25.55 | 50.6  | 0.73 | 28.37  | 18.72 |
| Всього         |      | 100.0 | 45.56 | 1,0  | 100.00 | 100.0 |

4. Таким чином, у результаті сухої магнітної сепарації спостерігається часткова диференціація рудних і відвальних мінералів, однак їхнє глибоке розділення не відбувається.

5. Рекомендується вилучення частини кварцу, що складає уламки бідних мартитових кварцитів, які містять слабо змінений магнетит, у слабкому магнітному полі.

Таким чином, із некондиційної подрібненої руди крупністю 40-0 мм, 16-0 мм, 5-0 мм за допомогою магнітної сепарації неможливо отримати кінцеві продукти (концентрат, відвальні хвости).

Результати магнітного аналізу у водному середовищі подрібнених продуктів наведені у табл. 3.4, 3.5.

Таблиця 3.4 - Магнітний аналіз легкої фракції гравітаційного збагачення некондиційної руди, подрібненої до 88 % класу мінус 0,071 мм

| Найменування продуктів                       | Вихід від операції % | Вихід від вихідного, % | Масова частка Фезаг % | Вилучення Фезаг від вихідного, % |
|--|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Легка фракція гравітаційного збагачення руди |                      |                        |                       |                                  |
| магнітний 0,2 Тл                             | 53,57                | 8,04                   | 37,46                 | 6,85                             |
| немагнітний                                  | 46,43                | 6,96                   | 37,46                 | 5,94                             |
| всього                                       | 100,00               | 15,0                   | 37,46                 | 12,79                            |
| магнітний 1.2 Тл                             | 50,00                | 3,48                   | 58,47                 | 4,63                             |
| немагнітний 1.2 Тл                           | 50,00                | 3,48                   | 16,45                 | 1,30                             |
| всього                                       | 100,00               | 6,96                   | 37,46                 | 5,94                             |

Таблиця 3.5 - Магнітний аналіз некондиційної руди, подрібненого до 88 % класу мінус 0,071 мм

| Найменування продуктів                    | Вихід, від операції % | Вихід від вихідного, % | Масова частка Фезаг % | Вилучення Фезаг від вихідного, % |
|---|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Подрібнена руда 88 % класу мінус 0,071 мм |                       |                        |                       |                                  |
| магнітний 0,2 Тл                          | 63,57                 | 63,57                  | 43,01                 | 62,24                            |
| немагнітний                               | 36,43                 | 36,43                  | 45,54                 | 37,76                            |
| всього                                    | 100,00                | 100,00                 | 43,93                 | 100,00                           |
| магнітний 0.6 Тл                          | 55,56                 | 20,24                  | 61,84                 | 28,49                            |

|                    |        |       |       |       |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|
| немагнітний 0.6 Тл | 44,44  | 16,19 | 25,17 | 9,27  |
| всього             | 100,00 | 36,43 | 45,54 | 37,76 |
| магнітний 1.0 Тл   | 62,50  | 22,77 | 62,39 | 32,34 |
| немагнітний 1.0 Тл | 37,50  | 13,66 | 17,44 | 5,42  |
| всього             | 100,00 | 36,43 | 42,97 | 37,76 |

Слід зазначити, що за допомогою магнітної сепарації з індукцією магнітного поля 1,2 Тл можливо зменшити втрати заліза з відходами гравітаційного збагачення на 4,63 %. Так, із легкої фракції гравітаційного збагачення (табл. 7.14) отримані відвальні хвости з вмістом Fezag. 16,45 % та магнітний проміжний продукт із вмістом Fezag. 58,47 %. Однак вихід хвостів склав лише 3,48 % від операції або 1,74 % від початкового матеріалу. Тому більш доцільним є встановлення магнітної сепарації перед гравітаційним збагаченням, що підтверджується даними табл. 7.15.

Магнітний продукт, виділений за індукції поля 0,2 Тл, містить близько 47,0 % мартиту та дисперсного гематиту, а також близько 44,0 % кварцу. Немагнітний продукт включає близько 46,0 % сумарного гематиту та близько 45,0 % кварцу. Надалі цей немагнітний продукт був спрямований на високоградієнтну сепарацію за індукції поля 1,2 Тл. У результаті отримано магнітний продукт, що складається на 77,0 % із гематиту (переважно мартиту – близько 64,0 %) та містить близько 17,0 % кварцу. Немагнітний продукт, утворений при цьому, містить близько 72,0 % кварцу та 17,0 % гематиту, переважно дисперсного. Характер розподілу мінералів за продуктами ВГСМ проявляється у накопиченні основної маси мартиту та магнетиту у магнітному продукті, а дисперсного гематиту, кварцу та інших – у немагнітному.

Автори вважають, що головним завданням магнітної сепарації некондиційної руди є максимально можливе вилучення з процесу відвальних хвостів за вмістом заліза, що дозволить вивести з подальшої переробки кварцити, зменшити навантаження на гравітаційне збагачення та, таким чином, скоротити кількість гравітаційних концентраторів.

Аналіз проведених експериментів показав доцільність операції магнітної сепарації з індукцією магнітного поля 1,0–1,2 Тл на матеріалі некондиційної руди, подрібненої до 88 % класу мінус 0,071 мм. Ця операція дозволяє сконцентрувати залізовмісні мінерали в магнітній фракції (масова частка Fezag. – 62,39 % проти 42,97 %) та отримати відвальні хвости за залізом (масова частка Fezag. склала 17,44 %). При цьому втрати заліза з хвостами становлять 5,42 %.

Магнітні продукти, отримані за індукції магнітного поля 0,2 Тл та 1,2 Тл, рекомендується спрямовувати на гравітаційне збагачення для отримання

товарних концентратів із масовою часткою Feзаг. на рівні 64–65 % та масовою часткою діоксиду кремнію не більше 8 %. Магнітний продукт, виділений за індукції поля 0,2 Тл, містить близько 51,0 % мартиту та дисперсного гематиту, а також близько 36,0 % кварцу.

Немагнітний продукт містить близько 58,0 об.% сумарного гематиту та близько 32,0 об.% кварцу. Далі цей немагнітний продукт було спрямовано на високоградієнтну сепарацію – значення індукції поля склало 0,6 Тл. При цьому було отримано магнітний продукт, що складався на 80,0 об.% із гематиту (переважно мартиту) та містив близько 13,0 об.% кварцу. Немагнітний продукт, отриманий при цьому, містить близько 61,0 об.% кварцу та 20,0 об.% гематиту, переважно дисперсного. При магнітній сепарації із індукцією 1,0 Тл було отримано магнітний продукт із вмістом сумарного гематиту близько 79,0 об.% і близько 12,0 об.% кварцу.

Загалом характер розподілу мінералів за продуктами ВГСМ виявляється у накопиченні мартиту та магнетиту у магнітному продукті, кварцу та інших – у немагнітному. Дисперсний гематит розподіляється між продуктами практично рівномірно.

На підставі викладеного можна зробити такі висновки:

1. З руди крупністю 88 % класу менше 0,071 мм за допомогою магнітного збагачення (напруженість поля 600–1200 кА/м) виділені відвальні за залізом хвости у кількості 13,66–16,19% від вихідної. Втрати заліза з хвостами при цьому склали 5,42–9,27% від вихідної руди. Магнітні продукти, отримані при індукції магнітного поля 0,2 Тл і 1,2 Тл, рекомендується спрямовувати на гравітаційне збагачення.

2. Магнітне збагачення дробленої за стандартною методикою некондиційної руди крупністю 40-0 мм, 16-0 мм, 5-0 мм недоцільне.

### 3.4 РЕЗУЛЬТАТИ ГРАВІТАЦІЙНОГО ЗБАГАЧЕННЯ РУДИ

Гравітаційному збагаченню піддавався матеріал проби некондиційної руди, подрібнений до крупності 78 % класу менше 0,071 мм та 88 % класу менше 0,071 мм.

Дослідження проводили на лабораторному концентраційному столі (для визначення доцільності гравітаційного збагачення та передбачуваних показників розподілу продуктів).

Результати гравітаційного збагачення матеріалу проб некондиційної руди наведені у табл. 3.6–3.10.

Аналіз отриманих даних показав, що концентрат гравітації містить значну кількість (близько 18 об.%) кварцу, лише близько 70,0 об.% гематиту (мартит + дисперсний гематит). Тому його можна розглядати як чорновий концентрат, який потребує перечищення.

Таблиця 3.6 – Результати гравітаційного збагачення матеріалу проб некондиційної руди, подрібненого до крупності 78 % класу менше 0,071 мм.

| Продукт       | Вихід, % | Масова доля<br>Фезаг, % | Вилучення<br>Фезал, % | Масова доля<br>SiO <sub>2</sub> , % |
|---------------|----------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Концентрат    | 20,55    | 56,9                    | 26,59                 | 20,14                               |
| Промпродукт 1 | 22,24    | 45                      | 22,76                 |                                     |
| Промпродукт 2 | 37,82    | 40,2                    | 34,58                 |                                     |
| Легка фракція | 16,53    | 38,6                    | 14,51                 |                                     |
| Шлами         | 2,86     | 24                      | 1,56                  |                                     |
| Всього        | 100,00   | 43,97                   | 100,00                |                                     |

Таблиця 3.7 – Результати гравітаційного збагачення матеріалу проб некондиційної руди, подрібненого до 78% класу мінус 0,071 мм (Перечистка концентрату)

| Продукт        | Вихід, % | Масова частка Фезаг,<br>% | Масова частка SiO <sub>2</sub> ,<br>% |
|----------------|----------|---------------------------|---------------------------------------|
| +0.5           | 8,14     | 47,2                      |                                       |
| Концентрат     | 47,57    | 63                        | 10,02                                 |
| Промпродукт 1  | 28,86    | 56,2                      |                                       |
| Промпродукт 2  | 7,57     | 48,8                      |                                       |
| Легкая фракция | 2,86     | 43,4                      |                                       |
| Шлами          | 13,14    | 15                        |                                       |
| Всього         | 100,00   | 56,94                     |                                       |

Таблиця 3.8 – Результати гравітаційного збагачення матеріалу проб некондиційної руди, подрібненого до 88 % класу мінус 0,071 мм



| Продукт       | Вихід, % | Масова частка<br>Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , % | Вилучення<br>Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , % | Масова частка<br>SiO <sub>2</sub> , % |
|---------------|----------|---|---|---------------------------------------|
| Концентрат 1  | 27,97    | 51,2  | 33,27   | 26,28                                 |
| Концентрат 2  | 7,59     | 56,4  | 9,94  | 19,32                                 |
| Промпродукт 1 | 2,79     | 40,8  | 2,64  | 40,32                                 |
| Промпродукт 2 | 35,47    | 38  | 31,31   |                                       |
| Промпродукт 3 | 18,76    | 37,6  | 16,39   |                                       |
| Легка фракція | 6,24     | 37  | 5,36  |                                       |
| Шлами         | 1,18     | 39,71   | 1,09  |                                       |
| Всього        | 100,00   | 43,05   | 100,00  |                                       |

Таблиця 3.9 – Результати гравітаційного збагачення матеріалу проб некондиційної руди, подрібненого до крупності 88 % класа мінус 0,071 мм (Перечистка концентрату)

| Продукт       | Вихід, % | Масова частка<br>Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , % | Вилучення<br>Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , % | Масова частка<br>SiO <sub>2</sub> , % |
|---------------|----------|---|---|---------------------------------------|
| Концентрат    | 46,77    | 63,26   | 56,8  | 10,34                                 |
| Промпродукт 1 | 36,78    | 44,44   | 31,38   |                                       |
| Промпродукт 2 | 7,86     | 38,43   | 5,80  |                                       |
| Легка фракція | 4,62     | 35,03   | 3,11  |                                       |
| Шлами         | 3,97     | 38,2  | 2,91  |                                       |
| Всього        | 100,00%  | 52,09   | 100,00  | 24,79                                 |

Таблиця 3.10 – Результати гравітаційного збагачення матеріалу проб некондиційної руди, подрібненого до 88% класу мінус 0,071 мм (перечистка промпродуктів і легкої фракції)

| Продукт        | Вихід, % | Масова частка<br>Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , % | Вилучення<br>Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , % | Масова частка<br>SiO <sub>2</sub> , % |
|----------------|----------|---|---|---------------------------------------|
| Концентрат     | 13,45%   | 46,24   | 16,33   | 32,34                                 |
| Промпродукт 1  | 50,69%   | 36,63   | 48,75   |                                       |
| Промпродукт 2  | 27,16%   | 37,43   | 26,69   |                                       |
| Легкая фракция | 8,70%    | 36,03   | 8,23  |                                       |
| Всього         | 100,00%  | 38,09   | 100,00  | 37,91                                 |

У результаті перечищення отримано концентрат із вмістом мартиту близько 82,0 об.%, дисперсного гематиту – 4,2 об.%, що сумарно для гематиту складає близько 86,0 об.%. Вміст кварцу в концентраті становить 7,6 об.%. Проміжний продукт 1 містить близько 20,0 об.% кварцу та 71,0 об.% сумарного

гематиту. Кварц представлений, головним чином, дуже багатими зростками, тобто уламками з пилюватою домішкою дисперсного гематиту. Також варто зазначити, що розмір уламків кварцу перевищує розмір уламків мартиту. Проміжний продукт 2 та легка фракція мають схожий мінеральний склад: різниця між ними у вмісті основних мінералів – гематиту та кварцу – становить 3,0–4,0 об.%. Зі шламами втрачається частина дисперсного гематиту (близько 6,0 об.%), кварцу (близько 3,0 об.%) та інших компонентів (близько 4,0 об.%).

Описаний матеріал виявляє схильність до більш детального гравітаційного розділення, про що свідчить більша кількість продуктів: 2 концентрати, 3 проміжні продукти та легка фракція. Найкращі мінералогічні показники встановлено у концентраті 2 – у ньому міститься близько 72,0 об.% сумарного гематиту. У концентраті 1 вміст цього мінералу нижчий – близько 65,0 об.%. Потрапили в цей концентрат уламки кварцу характеризуються досить щільним насиченням дисперсного гематиту. Об'єднаний матеріал концентратів 1 та 2 можна розглядати як чорновий концентрат, який потребує перечищення.

Проміжні продукти 2, 3 та легка фракція характеризуються схожим мінеральним складом, у якому 46,0–47,0 об.% припадає на мартит та дисперсний гематит. Тому їх можна об'єднати для подальшого перечищення.

Проміжний продукт 1 характеризується мінеральним складом, якість якого є проміжною між концентратами 1, 2 і проміжними продуктами 2, 3, легкою фракцією. З огляду на це, а також на незначний вихід проміжного продукту 1, його можна або додати до продуктів перечищення концентратів, або взагалі вивести з подальшої переробки.

У таблицях 7.30–7.32 наведено результати мінералогічного аналізу продуктів гравітаційного перечищення об'єднаних концентратів 1 і 2, названих далі чорновим концентратом, і об'єднаних проміжних продуктів 2, 3 з легкою фракцією, названих у подальшому проміжним продуктом.

Після перечищення чорнового концентрату отримано концентрат із вмістом сумарного гематиту близько 80,0 об.%. Кількість кварцу у цьому концентраті становить близько 13,0 об.%. Проміжні продукти 1 і 2 мають схожий мінеральний склад, а вміст сумарного гематиту в них варіюється від 48,0 до 53,0 об.%.

У процесі перечищення проміжного продукту отримано концентрат, у якому вміст сумарного гематиту складає близько 61,0 об.%, а кварцу – трохи більше 30,0 об.%. Решта продуктів сепарації характеризується схожим мінеральним складом: кількість мартиту змінюється від 28,0 до 30,0 об.%, дисперсного гематиту – від 16,0 до 18,0 об.%, кварцу – від 43,0 до 45,0 об.%.

Загалом для гравітаційної сепарації можна зробити такі висновки:

1. До концентрату потрапляють більш великі уламки вільного мартиту, його багаті зростки з кварцом та зростки кварцу з дисперсним гематитом.

2. Увесь обсяг мартиту повністю не концентрується в одному продукті – ця різновидність гематиту присутня у всіх продуктах гравітації. У легку фракцію потрапляють дрібні уламки мартиту, незначна його частина йде у шлами.

3. Основна частина дисперсного гематиту зосереджується у проміжних продуктах і хвостах.

4. Дрібноуламковий матеріал (одиниці мікрометрів) дисперсного гематиту, кварцу та інших (гетит, гідрогетит, хлорит, біотит) видаляється разом зі шламами.

Аналіз результатів досліджень дозволив встановити, що:

– гравітаційне збагачення матеріалу вихідної проби дозволяє сконцентрувати у концентраті залізовмісні мінерали й отримати концентрати з масовою часткою загального заліза від 43 % до 63,26 % та вмістом кремнезему 10,34 %.

– якщо як попереднє збагачення використовувати магнітну сепарацію, то з магнітного продукту ВГМС за допомогою гравітаційного збагачення отримують концентрат із масовою часткою загального заліза 65,2–66,1 % і масовою часткою діоксиду кремнію 7,02–8,4 %;

– якісно-кількісні показники будуть уточнені на етапі випробувань технології глибокого збагачення некондиційної руди в напівпромислових умовах.

### 3.5 РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ У НАПІВПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ

Випробування проведено відповідно до затвердженої методики, наведеної в розділі 2.6.

Перший етап випробувань полягав у визначенні якісно-кількісних показників, водно-шламового балансу, оптимальних режимів роботи млинів, грохотів і магнітних сепараторів, а також у встановленні питомих навантажень на обладнанні.

Матеріал, подрібнений до крупності 3–0 мм, подавався у технологічну схему (див. рис. 2.18) стрічковим конвеєром Б600 L16 м через скруббер-бутара СББ-0,9 на вібраційний грохот DEWATERING FINES SCREEN MODEL DFS 24 (розмір отворів сита – 0,071 мм). Надрешітковий продукт грохота

спрямовувався до млина МШ-АПМ-900×1800 ЦРМ22 (об'ємом 0,9 м<sup>3</sup>), який працював у замкнутому циклі з грохотом контрольного грохочення DEWATERING FINES SCREEN MODEL DFS 24 із розміром отворів сита 0,071 мм. Подрібнений продукт (підрешіткові продукти двох грохотів) спрямовували через згущувач площею 2 м<sup>2</sup> на магнітний сепаратор СБаМ 0,9/0,3 із напруженістю магнітного поля 0,2 кА/м. Немагнітний продукт сепаратора спрямовували на роторний магнітний сепаратор БЕРМ 70 А. Магнітні продукти сепараторів накопичували, зневоднювали й складали (рис. 2.19) для проведення випробувань за схемою з використанням гравітаційних методів збагачення. Транспортування продуктів здійснювалося самопливом та за допомогою насосів ВТ 40. Для відкачування хвостів використовувався насос BASA 302. Під час випробувань у напівпромислових умовах, виходячи з питомих навантажень, визначених у лабораторних умовах, продуктивність млина МШ-АПМ-900×1800 ЦРМ22 (об'ємом 0,9 м<sup>3</sup>) за свіжим живленням для некондиційної руди становила в межах 241,56 кг/год. Питоме навантаження (середнє) під час подрібнення руди від 23 % класу мінус 0,074 мм до 90–95 % класу мінус 0,074 мм для некондиційної руди становило 0,207 т/(м<sup>3</sup>×год).

Результати випробувань занесені до таблиць 3.11 – 3.13.

Характеристика продуктів збагачення – у табл. 3.15. Мінеральний склад – у табл. 3.16.

На основі результатів випробувань обґрунтовано технологічну схему та розраховано якісно-кількісні та водно-шламові схеми. Результати розрахунків наведені в розділі 4.

Таблиця 3.11 – Ситові характеристики матеріалу проб подрібненої некондиційної руди шахти «Ювілейна» ПАТ «Суша Балка» і розвантаження млина МШ-АПМ-900×1800 ЦРМ22, об'ємом 0,9 м<sup>3</sup> (Напівпромислові випробування. Середні значення)

| Класи крупності, мм | Вихід класів крупності, % |       |          |      |                          |       |          |      |
|---------------------|---------------------------|-------|----------|------|--------------------------|-------|----------|------|
|                     | Варіант рудопідготовки 1  |       |          |      | Варіант рудопідготовки 2 |       |          |      |
|                     | t=0 хв.                   |       | t=60 хв. |      | t=0 хв.                  |       | t=60 хв. |      |
|                     | Част.                     | Сум.  | част.    | сум. | част.                    | сум.  | част.    | сум. |
| -3+2                | 24,78                     | 24,78 |          |      | 12,38                    | 12,38 |          |      |
| -2+1                | 36,57                     | 61,35 |          |      | 32,57                    | 44,95 |          |      |
| -1+0,5              | 14,55                     | 75,90 |          |      | 24,55                    | 69,5  |          |      |
| -0,5+0,25           | 8,30                      | 84,20 | 0,91     | 0,91 | 9,3                      | 78,8  | 3        | 3    |
| -0,25+0,16          | 2,70                      | 86,90 | 2,67     | 3,58 | 3,7                      | 82,5  | 5        | 8    |

|             |       |       |       |       |     |      |      |      |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|
| -0,16+0,071 | 3,92  | 90,82 | 26,46 | 30,04 | 4,3 | 86,8 | 26,3 | 34,3 |
| -0,071+0,05 | 1,04  | 91,86 | 31,56 | 61,60 | 2,2 | 89   | 29,4 | 63,7 |
| -0,05+0,01  | 4,14  | 96,0  | 22,40 | 84,0  | 6   | 95   | 18,3 | 82   |
| -0,01+0     | 4,0   | 100,0 | 16,0  | 100   | 5   | 100  | 18   | 100  |
| Всього      | 100,0 |       | 100   |       | 100 |      | 100  |      |

Таблиця 3.12 – Результати ситового аналізу продуктів живлення згущувача перед НІМС (підрешіткові продукти грохотів). Усереднені результати.

| Класи крупності, мм | Варіант підготовки руди до збагачення |           |
|---------------------|---------------------------------------|-----------|
|                     | Варіант 1                             | Варіант 2 |
| +0,071              | 9,81                                  | 5,1       |
| +0,05               | 50,41                                 | 49,4      |
| +0,01               | 15,0                                  | 19,2      |
| -0,01               | 25,79                                 | 26,3      |
| Итого               | 100,0                                 | 100,0     |

Під час виконання випробувань за схемою з використанням магнітного методу збагачення в напівпромислових умовах отримані продукти: концентрат, представлений магнітними продуктами НІМС і ВІМС, та хвости (немагнітний продукт ВІМС). Магнітний продукт НІМС складається переважно з мартиту і дисперсного гематиту. Також присутні, в меншій кількості, кварц, магнетит та інші мінерали (табл. 3.16). Магнітний продукт ВІМС також представлений переважно мартитом і дисперсним гематитом, однак у ньому спостерігається менший вміст мартиту і магнетиту та більше дисперсного гематиту, кварцу й інших мінералів порівняно з продуктом НІМС. «Немагнітний» ВІМС (хвости схеми 1) складається переважно з кварцу (60,4 об. %) і тонкодисперсного гематиту (29,7 об. %). Серед рудних мінералів також присутні мартит і магнетит. Вміст інших мінералів становить приблизно 4,6 %.

За схемою, коли як вихідне живлення подавався подрібнений до крупності 3-0 мм матеріал без використання відцентрових дробарок, отримано: – концентрат із масовою часткою загального заліза 62,21 % за виходу концентрату 48,82 %. Вилучення загального заліза в концентрат становило 68,56 %. Масова частка кремнезему в концентраті – 8,88 %; – хвости магнітного збагачення із масовою часткою загального заліза 27,21 % за виходу 51,18 %. Втрати заліза з хвостами склали 31,44 %.

За схемою, коли як вихідне живлення подавався подрібнений до крупності 3-0 мм матеріал з використанням центробіжних дробарок, отримано: – концентрат із масовою часткою загального заліза 62,06 % за виходу

концентрату 53,73 %. Вилучення загального заліза в концентрат становило 74,46 %. Масова частка кремнезему в концентраті – 9,42 %; – відсів крупністю -40+20 мм із масовою часткою загального заліза 24,8 % за виходу 3,5 %. Втрати заліза з відсівом склали 1,94 %; – хвости магнітного збагачення із масовою часткою загального заліза 24,71 % за виходу 42,77 %. Втрати заліза з хвостами склали 23,6 %.

Використання відцентрових дробарок у схемі рудопідготовки дозволяє підвищити вилучення загального заліза в концентрат за технологією глибокого збагачення руди на 5,9 % завдяки вищому виходу концентрату (на 4,9 %) при практично однаковій якості концентрату. Це пояснюється тим, що за цього способу рудопідготовки з процесу виводяться надто міцні та важкозбагачувані різновиди гематитових кварцитів. Встановлений факт підтверджує доцільність встановлення центробіжних дробарок у схемі рудопідготовки.

Таблиця 3.13. – Результати випробувань технологій магнітного збагачення руди у напівпромислових умовах

| Продуктивність, кг/год   | Надрешітний продукт грохота 1 |        | Надрешітний продукт грохота 2 |        | Розвантаження млина |              |        | Підрештний продукт грохотів (живлення згущувача) |              |        | Піски згущувача  |              |        | Слив згущувача   |             |        |
|--------------------------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|---------------------|--------------|--------|--|--------------|--------|------------------|--------------|--------|------------------|-------------|--------|
|                          | Масова частка, %              |        | Масова частка, %              |        | Масова частка, %    |              |        | Масова частка, %                                 |              |        | Масова частка, % |              |        | Масова частка, % |             |        |
|                          | кл.-0,071 мм                  | Fe заг | кл.-0,071 мм                  | Fe заг | твердо              | кл.-0,071 мм | Fe заг | твердо   | кл.-0,071 мм | Fe заг | твердо           | кл.-0,071 мм | Fe заг | твердо           | кл.-0,05 мм | Fe заг |
| Варіант 1 рудопідготовки |                               |        |                               |        |                     |              |        |  |              |        |                  |              |        |                  |             |        |
| 241,56                   | 0,31                          | 44,76  | 15,67                         | 41,21  | 65,00               | 69,96        | 42,61  | 16,20  | 90,19        | 44,30  | 25,13            | 90,19        | 44,31  | 0,18             | 100,00      | 43,22  |
| Варіант 2 рудопідготовки |                               |        |                               |        |                     |              |        |  |              |        |                  |              |        |                  |             |        |
| 241,55                   | 0,08                          | 45,36  | 19,22                         | 41,21  | 65,00               | 65,70        | 42,84  | 16,2   | 94,9         | 45,50  | 23,67            | 94,89        | 45,53  | 0,13             | 100,00      | 40,22  |

Таблиця 3.14. – Результати опробувань технології магнітного збагачення руди в напівпромислових умовах

| Магнітний продукт НІМС (концентрат) |              |        | Немагнітний продукт НІМС |              |        | Магнітний продукт ВІМС (концентрат) |        |              | Немагнітний ВІМС (хвости) |  |  |
|-------------------------------------|--------------|--------|--------------------------|--------------|--------|-------------------------------------|--------|--------------|---------------------------|--|--|
| Масова частка, %                    |              |        | Масова частка, %         |              |        | Масова частка, %                    |        |              | Масова частка, %          |  |  |
| твердо                              | кл.-0,071 мм | Fe заг | твердо                   | кл.-0,071 мм | Fe заг | кл.-0,071 мм                        | Fe заг | кл.-0,071 мм | Fe заг                    |  |  |
| Варіант 1 рудопідготовки            |              |        |                          |              |        |                                     |        |              |                           |  |  |
| 49,33                               | 96,27        | 54,75  | 20,07                    | 90,08        | 44,11  | 96,27                               | 62,50  | 84,31        | 26,94                     |  |  |
| Варіант 2 рудопідготовки            |              |        |                          |              |        |                                     |        |              |                           |  |  |
| 49,89                               | 96,56        | 66,34  | 19,00                    | 94,85        | 45,15  | 96,56                               | 61,93  | 93,25        | 24,92                     |  |  |

Таблиця 3.15. –Розширений хімічний аналіз матеріалу проб, отриманих при глибокому збагаченні руди ш. Ювілейна

| № п/п | Найменування проби    | Fe <sub>заг</sub> , % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % | SiO <sub>2</sub> , % | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % | FeO, % | P, %  | CaO, % | MgO, % | TiO <sub>2</sub> , % | MnO, % | S, %  | K <sub>2</sub> O, % | Na <sub>2</sub> O, % | CL <sup>-</sup> | ппп, % | Fe <sub>мгт</sub> , % |
|-------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|--------|-------|--------|--------|----------------------|--------|-------|---------------------|----------------------|-----------------|--------|-----------------------|
| 1.    | Магнітний НИМС        | 66,31                 | 93,30                              | 4,74                 | 0,07                               | 1,35   | 0,022 | 0,09   | 0,15   | 0.032                | 0,022  | 0,023 | 0,05                | 0,09                 | 0.32            | 0,61   | 1,79                  |
| 2.    | Магнітний ВІМС        | 61,92                 | 86,05                              | 10,48                | 0,18                               | 2,22   | 0,014 | 0,17   | 0,27   | 0.037                | 0,07   | 0,025 | 0,07                | 0,10                 | 0.41            | 0,78   | 2,20                  |
| 3.    | Хвости сх 1           | 24,37                 | 33,27                              | 60,94                | 1,20                               | 1,41   | 0,021 | 0,47   | 0,34   | 0.042                | 0,035  | 0,06  | 0,07                | 0,10                 | 0.605           | 1,38   | 0,80                  |
| 4     | Концентрат гравитації | 67,9                  | 95,88                              | 2,44                 | < 0,01                             | 1,08   | 0,011 | 0,11   | 0,15   | 0.028                | 0,027  | 0,022 | 0,05                | 0,07                 | 0.32            | 0,45   | 4,79                  |
| 5     | Хвости сх 2           | 34,55                 | 44,92                              | 48,38                | 1,00                               | 4,04   | 0,021 | 0,21   | 0,23   | 0.032                | 0,045  | 0,05  | 0,05                | 0,15                 | 0.48            | 0,73   | 1,59                  |



Таблиця 3.16. – Мінеральний склад матеріала проб, отриманих при глибокому збагаченні некондиційної руд ш. Ювілейна, об.%

| Назва продукта                     | Мінерали     |           |          |       |      | Всього |
|------------------------------------|--------------|-----------|----------|-------|------|--------|
|                                    | гематит      |           | магнетит | кварц | інші |        |
|                                    | мартит+ж.сл. | дисп.гем. |          |       |      |        |
| 1                                  | 3            | 4         | 5        | 6     | 7    | 8      |
| Магнітний НІМС                     | 79,40        | 11,7      | 3,7      | 4,1   | 1,1  | 100,00 |
| Магнітний ВІМС                     | 73,40        | 12,3      | 2,8      | 10,2  | 1,3  | 100,00 |
| Хвости сх 1                        | 5,10         | 29,7      | 0,2      | 60,4  | 4,6  | 100,00 |
| Концентрат гравітаційної сепарації | 87,00        | 4,2       | 4,9      | 3,2   | 0,7  | 100,00 |
| Промпродукт сх 2                   | 33,70        | 17,3      | 1,2      | 45,4  | 2,4  | 100,00 |

Таблиця 3.18. – Результати випробувань у напівпромислових умовах

| Найменування продуктів  | Вихід,<br>% | Масова частка заліза загального,<br>% | Вилучення заліза загального ,<br>% |
|---|-------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Магнітна схема (варіант рудопідготовки 1)                             |             |                                       |                                    |
| Концентрат  | 48,82       | 62,21                                 | 68,56                              |
| Хвости  | 51,18       | 27,21                                 | 31,44                              |
| Руда  | 100         | 44,3                                  | 100                                |
| Магнітна схема (варіант рудопідготовки 2)                             |             |                                       |                                    |
| Концентрат  | 53,73       | 62,06                                 | 74,46                              |
| Відходи, у тому числі   | 46,27       | 24,71                                 | 25,54                              |
| Відсів  | 3,5         | 24,8                                  | 1,94                               |
| Немагнітний продукт ВІМС+ сливи згущувачів                            | 42,77       | 24,71                                 | 23,60                              |
| Руда  | 100         | 44,78                                 | 100,00                             |
| Магнітно-гравітаційна схема (варіант рудопідготовки 1)                |             |                                       |                                    |
| Концентрат  | 41,75       | 65,8                                  | 62,01                              |
| Відходи, у тому числі   | 58,25       | 28,89                                 | 37,99                              |
| Немагнітний продукт ВІМС+сливи згущувачів м.о.                        | 51,18       | 27,21                                 | 31,44                              |
| Промпродукт гравітації + сливи згущувачів г.о.                        | 7,07        | 41,03                                 | 6,55                               |
| Руда  | 100         | 44,3                                  | 100                                |
| Магнітно-гравітаційна схема (варіант рудопідготовки 2)                |             |                                       |                                    |
| Концентрат  | 42,17       | 67,9                                  | 63,94                              |
| Відходи, у тому числі   | 57,83       | 27,92                                 | 36,06                              |
| Відсів  | 3,5         | 24,8                                  | 1,94                               |
| Немагнітний продукт ВІМС+ сливи згущувачів                            | 42,77       | 24,71                                 | 23,60                              |
| Промпродукт гравітації + сливи згущувачів г.о.                        | 11,56       | 40,76                                 | 10,52                              |
| Руда  | 100         | 44,78                                 | 100,00                             |
| Магнітно-гравітаційна схема (замкнутий цикл) – рекомендований варіант |             |                                       |                                    |
| Концентрат  | 44,5        | 67,97                                 | 67,56                              |
| Відходи, у тому числі:  | 55,5        | 26,19                                 | 32,44                              |
| Відсів  | 3,5         | 24,8                                  | 1,94                               |
| Немагнітний продукт ВІМС+ сливи згущувачів                            | 52          | 26,27                                 | 30,50                              |
| Руда  | 100         | 44,78                                 | 100,00                             |

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Виробничі випробування технологічної схеми глибокого збагачення некондиційної руди шахти «Ювілейна» були проведені виконані в повному обсязі.

2. Доведено, що текстура руди шарувата, структура – переважно тонко-та дрібнозерниста. Гематит має тонке проростання з нерудними мінералами та низький ступінь розкриття в класах крупності понад 0,1 мм. Тонке проростання гематиту з нерудними мінералами та наявність тонких включень гематиту в нерудних мінералах ускладнюють отримання багатой товарної аглоруди та бідних відвальних хвостів. Агрегати й окремі зерна гематиту дуже тонкі (розміром 0,001–0,05 мм, рідко 0,01 мм), вони глибоко проникають у внутрішні зерна кварцу. Макроскопічні різновиди представлені густою (60–65 % і більше) вкрапленістю. Наявність у пробі гідроксидів заліза й залізовмісних силікатів зумовлює високий вміст заліза у хвостах магнітної сепарації. Для отримання високоякісного гематитового концентрату на збагачення необхідно спрямовувати матеріал крупністю 90–95 % класу менше 0,074 мм.

3. Дроблення руди проводилося за двома схемами:

– до крупності 20-0 мм у щоківній дробарці та до 3-0 мм у валковій дробарці з контрольним грохоченням за граничним зерном 20 мм і 3 мм в умовах виробництва ТОВ «П'ятихатський завод металургійних сумішей» (м. П'ятихатки); – до крупності 40-0 мм у щоківній дробарці, відсів фракції -10+0 мм (ТОВ «П'ятихатський завод металургійних сумішей»), дроблення матеріалу крупністю 40-10 мм у відцентровій дробарці в умовах ТОВ «Новоград-Волинський каменедробильний завод «Труд» та грохочення матеріалу на фракції -40+20; -20+10; -10+5; -5+0 мм; дроблення відсіву і фракції крупністю -10+0 мм до 3-0 мм у валкових дробарках з контрольним грохоченням за граничним зерном 3 мм.

4. Встановлено, що використання відцентрової дробарки дозволяє вивести з процесу нерудні та малорудні кварцити підвищеної міцності, що при подальшому подрібненні сприяє збільшенню ступеня розкриття мінералів і дозволяє знизити знос конструктивних елементів дробарок НРGR (вальці високого тиску).

5. За період випробувань у напівпромислових умовах встановлено оптимальні параметри роботи обладнання. Питоме навантаження (середнє) при подрібненні руд від 23 % класу менше 0,074 мм до 90-95 % класу менше 0,074 мм для некондиційної руди становило 0,207 т/(м<sup>3</sup>×год).

6. За період випробувань за схемою рудопідготовки без використання відцентрових дробарок отримано: – концентрат із масовою часткою

загального заліза 62,21 %, при виході концентрату від вихідної руди – 48,82 %. Вилучення загального заліза в концентрат від вихідної руди становило 68,56 %. Масова частка кремнезему в концентраті становила 8,88 %; – хвості магнітного збагачення з масовою часткою загального заліза 27,21 %, при виході – 51,18 %. Втрати заліза з хвостами склали 31,44 %. За схемою рудопідготовки з використанням відцентрових дробарок отримано: – концентрат із масовою часткою загального заліза 62,06 %, при виході концентрату – 53,73 %. Вилучення загального заліза в концентрат становило 74,46 %. Масова частка кремнезему в концентраті становила 9,42 %; – відсів крупністю -40+20 мм із масовою часткою загального заліза 24,8 % при виході 3,5 %. Втрати заліза з відсівом склали 1,94 %; – хвості магнітного збагачення з масовою часткою загального заліза 24,71 %, при виході – 42,77 %. Втрати заліза з хвостами склали 23,6 %.

7. Встановлено, що магнітний продукт НІМС представлений переважно мартитом і дисперсним гематитом. Також присутні (в меншій кількості) кварц, магнетит і інші мінерали.

ВІМС представлений переважно мартитом і дисперсним гематитом. Також присутні (у меншій кількості) кварц, магнетит та інші мінерали. У порівнянні з магнітним продуктом НІМС він характеризується меншим вмістом мартиту і магнетиту, але більшим вмістом дисперсного гематиту, кварцу та інших мінералів. «Немагнітний» ВІМС складається переважно з кварцу (60,4 об. %) і тонкодисперсного гематиту (29,7 об. %). Серед рудних мінералів також присутні мартит і магнетит. Вміст інших мінералів становить близько 4,6 %.

8. Виявлено, що використання відцентрових дробарок у схемі рудопідготовки дозволяє підвищити вилучення загального заліза в концентрат за технологією глибокого збагачення руди на 5,9 % завдяки вищому виходу концентрату (на 4,91 %) при практично однаковій якості концентрату. Це обумовлено тим, що при цьому способі рудопідготовки з процесу вилучаються дуже міцні та важкозбагачувані різновиди гематитових кварцитів. Установлений факт підтверджує доцільність використання відцентрових дробарок у схемі рудопідготовки.

9. У процесі виконання випробувань за схемою доведення магнітних продуктів НІМС і ВІМС із використанням гравітаційно-магнітних методів у напівпромислових умовах отримано концентрат, представлений важкими фракціями основної, промпродуктової, контрольної спіральної концентрації та магнітним продуктом ВІМС, а також промпродукт (немагнітний ВІМС + сливи згущувачів). Масова частка загального заліза в концентраті становила 65,8–67,9 %. Концентрат складався переважно з мартиту – близько 90,0 об. %. Вміст магнетиту, дисперсного гематиту, кварцу та інших мінералів не перевищував 5,0 об. %. Масова частка кремнезему в концентраті становила 4,12–5,12 %. Масова частка загального заліза в концентраті підвищилася на 3,59–5,84 %, тоді як вихід концентрату

знизився на 6,55–10,52 % порівняно з результатами випробувань, проведених за магнітною схемою (перший етап). Масова частка загального заліза в промпродукті становила 40,76–41,03 %. Промпродукт складався переважно з кварцу (близько 45,4 об. %), мартиту (близько 33,7 об. %) і дисперсного гематиту (близько 17,3 об. %). Вміст магнетиту та інших мінералів у сумі не перевищував 4,0 об. %. Цей продукт, у разі збагачення руди в замкнутому циклі, збільшить вміст рудних мінералів у відходах.

10. Для перевірки магнітно-гравітаційної схеми в цілому були проведені експерименти з переробки легкої фракції контрольної спіральної концентрації в замкнутому циклі. У цьому разі легкий продукт контрольної спіральної концентрації об'єднувався з немагнітним продуктом НІМС і спрямовувався на ВІМС. За схемою в замкнутому циклі отримано концентрат із виходом 44,5 % і масовою часткою загального заліза 67,97 %, а також 55,5 % відходів із масовою часткою загального заліза 26,19 %. Вилучення загального заліза в товарний продукт становило 67,56 %. Втрати заліза з відходами виробництва склали 32,44 %.

11. У результаті проведення напівпромислових випробувань технології глибокого збагачення руди за магнітно-гравітаційною схемою отримано концентрати, які за хімічним складом відповідають вимогам Технічного завдання (ТЗ) (договір № 1443 від 24.07.2018 р.):

- масова частка загального заліза – 67,9 % проти 62–65 % за ТЗ;
- масова частка кремнезему – 2,44 % проти 6–8 % за ТЗ;
- масова частка інших шлакоутворювальних компонентів – 0,27 % проти 3 % за ТЗ;
- сума оксидів калію та натрію – 0,12 % проти 0,17 % за ТЗ;
- фосфор – 0,011 %;
- сірка – 0,022 % проти 0,03 % за ТЗ.

Винятком є обмеження за вмістом хлору, який у концентраті, отриманому під час напівпромислових випробувань, становив 0,32 % проти заявленого у ТЗ – менше 0,02 %.

12. Виявлені особливості хлорвмістності продуктів напівпромислових випробувань, ймовірно, обумовлені наступним фактором. Під час напівпромислових випробувань використовувалася технічна вода шламосховища ПрАТ «Полтавський ГЗК» із вмістом хлору 11 г/л проти 23 мг/л у водопровідній воді, що застосовувалася під час лабораторних випробувань. Технічна вода шламосховища має вищий рівень мінералізації, тому в результаті перебування рудної маси в ній із подальшим сушінням кількість хлоридів натрію та калію могла збільшитися. Для встановлення причин концентрації хлору та розробки заходів щодо його зниження в товарних продуктах необхідно провести додаткові науково-дослідні роботи.

## РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБАГАЧЕННЯ НЕКОНДИЦІЙНОЇ РУДИ ПІДЗЕМНОГО ВИДОБУТКУ КРИВБАСУ

### 4.1. РЕКОМЕНДОВАНА СХЕМА ПІДГОТОВКИ РУДИ ДО ЗБАГАЧЕННЯ

На основі проведених досліджень та з урахуванням досвіду роботи ПрАТ «Суша Балка» рекомендована така технологічна схема переробки руди шахти «Ювілейна» на дробильно-сортувальній фабриці (рис. 4.1, 4.2)

Схема включає:

- грохочення сирової руди крупністю 400–0 мм за граничною крупністю 20 мм;
- дроблення фракції руди крупністю 400–20 мм в один прийом до крупності – 100+0 мм;
- грохочення подрібненої руди крупністю 100–0 мм за граничною крупністю 20 мм;
- дроблення фракції руди крупністю 100–20 мм в один прийом до крупності – 40+0 мм;
- грохочення подрібненої руди крупністю 40–0 мм за граничною крупністю 10 мм;
- дроблення фракції руди крупністю 40–10 мм у відцентровій дробарці;
- грохочення руди, подрібненої у відцентровій дробарці, за граничною крупністю 20 мм та 10 мм з виділенням фракцій: +20 мм – у відвал, -10+0 мм – у подальший переділ. Фракція -20+10 мм спрямовується на повернення до відцентрової дробарки;
- суха магнітна сепарація фракції руди крупністю 20–0 мм із виділенням аглоруди А60;
- високочастотне грохочення аглоруди А60 за граничним зерном 1 мм із вилученням залізорудного концентрату крупністю 1–0 мм;
- складування та усереднення матеріалів: немагнітного продукту сухої магнітної сепарації (СМС) крупністю 20–0 мм, надрешітного продукту високочастотного грохочення крупністю 20–1 мм, відсіву 10–0 мм перед відцентровою дробаркою, фракції 10–0 мм, отриманої після дроблення матеріалу у відцентровій дробарці;
- дроблення руди крупністю 20–0 мм до кінцевої крупності –2 (1,6)+0 мм у замкнутому циклі в вальцях високого тиску.

Подрібнений продукт крупністю –2 (1,6)+0 мм у кількості 1478,23 тис. т на рік (у сухому стані) з вмістом загального заліза 52,8% і магнітного заліза 5,5% є вихідною сировиною для збагачувальної фабрики, де його переробляють за технологією глибокого збагачення з отриманням високоякісного залізвмісного концентрату.

Баланс продуктів наведено в таблиці 4.1. Вміст заліза у залізорудному концентраті – 65,48%, SiO<sub>2</sub> – 4,8–5,2%, P – 0,015%, сірки – 0,016%, (K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O) – 0,15%, хлору – 0,187% (табл. 4.14).

З легуючих домішок присутні оксид титану - 0,025%, оксид марганцю - 0,024%.  
Величина концентрату 95-98% класу -1+0 мм (табл.12.2).

Легенда:

$\gamma, \%$      $Q, \text{т/ч}$      $T, \%$   
 $\beta, \%$      $\frac{\quad}{\quad}$   
 $\varepsilon, \%$      $W, \text{м}^3/\text{ч}$

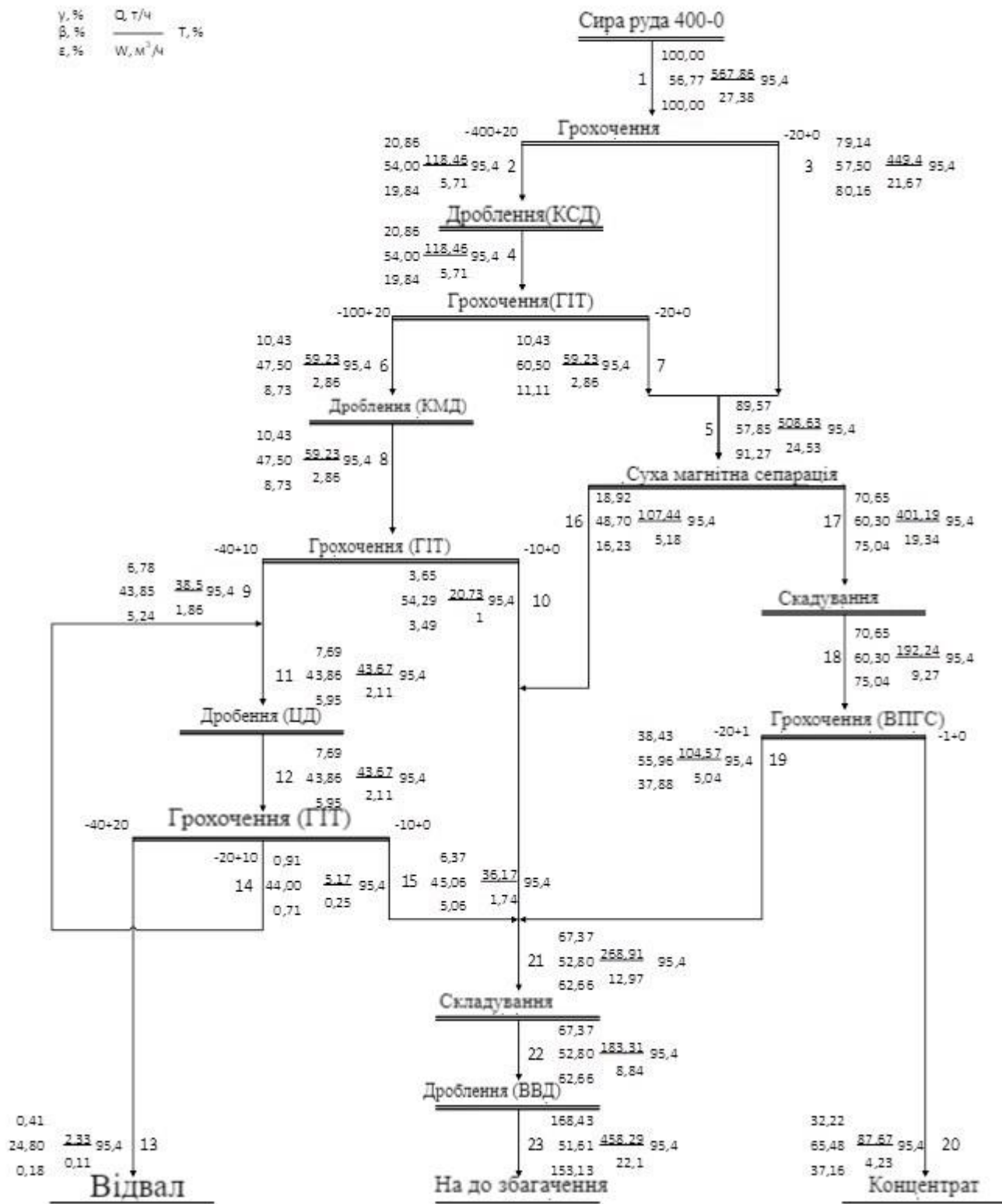


Рис. 4.1. Технологічна схема дробильно-сортувального комплексу

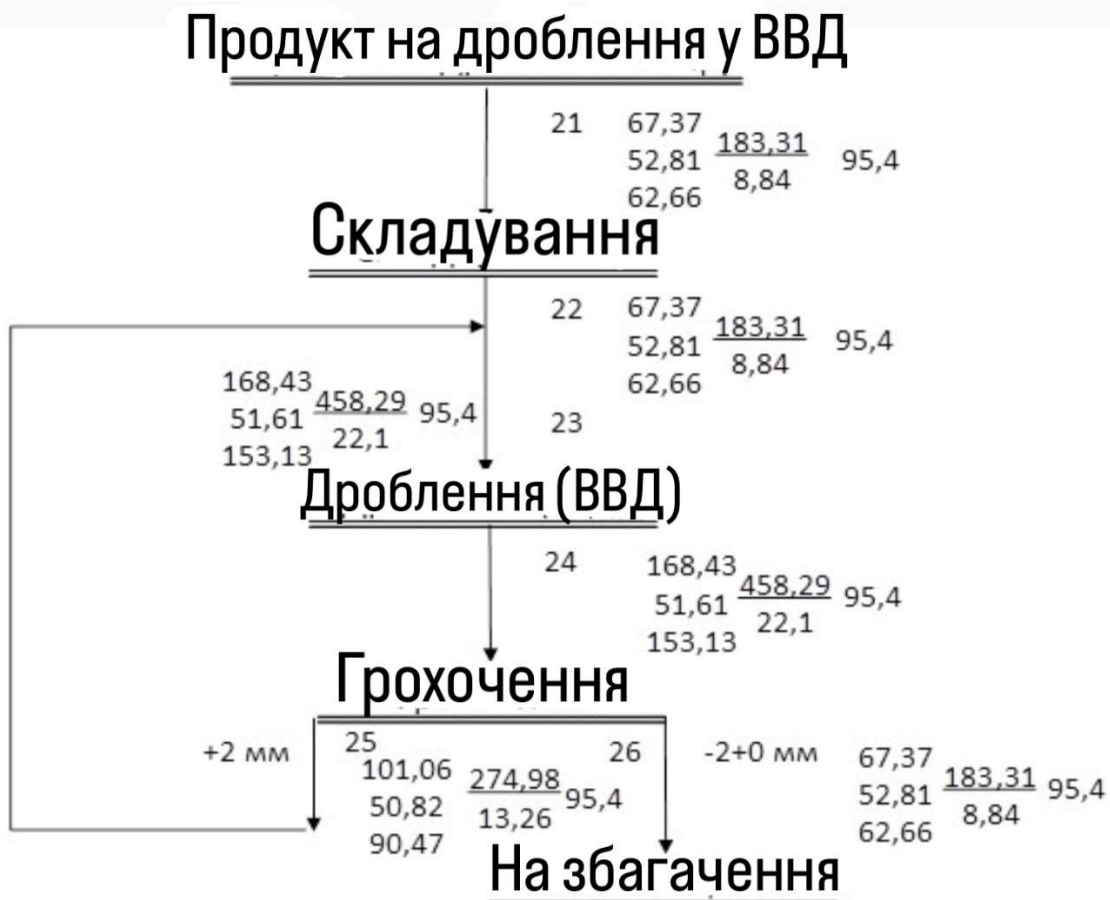


Рис. 4.2. Схема вузла дроблення в подрібнювачах HPGR (валках високого тиску)



Таблиця 4.1 – Якісно-кількісні показники роботи дробильно-сортувального комплексу

| № операції / продукту | Назва операції / продукту       | Продуктивність, тис тон/рік | Продуктивність, т/год | Вихід, % | Масова частка заліза загального, % | Вилучення, % | Продуктивність по залізу тис т/год | Продуктивність по залізу т/год | Зміст твердого, % |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| I                     | Грохочення I                    |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 1                     | Сира руда                       | 2194,2                      | 567,86                | 100      | 56,77                              | 100          | 1245,65                            | 322,37                         | 95,4              |
|                       | Виходит                         |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 2                     | Надрешітний продукт - 400+20 мм | 457,71                      | 118,46                | 20,86    | 54                                 | 19,84        | 247,14                             | 63,96                          | 95,4              |
| 3                     | Подрешітний продукт -20+0 мм    | 1736,49                     | 449,40                | 79,14    | 57,5                               | 80,16        | 998,51                             | 258,41                         | 95,4              |
|                       | Всього                          | 2194,2                      | 567,86                | 100      | 56,77                              | 100          | 1245,65                            | 322,37                         | 95,4              |
| II                    | Подрібнення у КСД               |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 2                     | Надрешітний продукт - 400+20 мм | 457,71                      | 118,46                | 20,86    | 54                                 | 19,84        | 247,14                             | 63,96                          | 95,4              |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 4                     | Продукт подрібнення             | 457,71                      | 118,46                | 20,86    | 54                                 | 19,84        | 247,14                             | 63,96                          | 95,4              |
| III                   | Грохочення II                   |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 4                     | Продукт подрібнення             | 457,71                      | 118,46                | 20,86    | 54                                 | 19,84        | 247,14                             | 63,96                          | 95,4              |
|                       | Виходить                        |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 6                     | Надрешітний продукт - 100+20 мм | 228,86                      | 59,23                 | 10,43    | 47,5                               | 8,73         | 108,75                             | 28,14                          | 95,4              |
| 7                     | Подрешітний продукт -20+0 мм    | 228,85                      | 59,23                 | 10,43    | 60,5                               | 11,11        | 138,39                             | 35,82                          | 95,4              |
|                       | Всього                          | 457,71                      | 118,46                | 20,86    | 54                                 | 19,84        | 247,14                             | 63,96                          | 95,4              |
| IV                    | Подрібнення у КМД               |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 6                     | Надрешітний продукт - 100+20 мм | 228,86                      | 59,23                 | 10,43    | 47,5                               | 8,73         | 108,75                             | 28,14                          | 95,4              |
|                       | Виходить                        |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 8                     | Продукт подрібнення             | 228,86                      | 59,23                 | 10,43    | 47,5                               | 8,73         | 108,75                             | 28,14                          | 95,4              |

Продовження табл 4.1

| № операції/ продукту | Назва операції / продукту           | Продуктивність, тис тон/рік | Продуктивність, т/год | Вихід, % | Масова частка заліза загального, % | Вилучення, % | Продуктивність по залізу тис т/рік | Продуктивність по залізу т/час | Зміст твердого, % |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| V                    | Грохочення III                      |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
|                      | Надходить                           |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 8                    | Продукт дроблення                   | 228,86                      | 59,23                 | 10,43    | 47,5                               | 8,73         | 108,75                             | 28,14                          | 95,4              |
|                      | Виходить                            |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 9                    | Надрешітний продукт - 40+10 мм      | 148,77                      | 38,50                 | 6,78     | 43,85                              | 5,24         | 65,27                              | 16,89                          | 95,4              |
| 10                   | Подрешітний продукт -10+0 мм        | 80,09                       | 20,73                 | 3,65     | 54,29                              | 3,49         | 43,48                              | 11,25                          | 95,4              |
|                      | Всього                              | 228,86                      | 59,23                 | 10,43    | 47,5                               | 8,73         | 108,75                             | 28,14                          | 95,4              |
| VI                   | Подрібнення у відцентровій дробарці |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
|                      | Надходить                           |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 9                    | Надрешітний продукт - 40+10 мм      | 148,77                      | 38,50                 | 6,78     | 43,85                              | 5,24         | 65,27                              | 16,89                          | 95,4              |
| 14                   | Фракція -20+10 мм                   | 19,97                       | 5,17                  | 0,91     | 44                                 | 0,71         | 8,84                               | 2,29                           | 95,4              |
| 11                   | Всього                              | 168,74                      | 43,67                 | 7,69     | 43,86                              | 5,95         | 74,11                              | 19,18                          | 95,4              |
|                      | Виходить                            |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 12                   | Продукт дроблення ЦД                | 168,74                      | 43,67                 | 7,69     | 43,86                              | 5,95         | 74,11                              | 19,18                          | 95,4              |
| VII                  | Грохочення IV                       |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
|                      | Надходить                           |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 12                   | Продукт дроблення ЦД                | 168,74                      | 43,67                 | 7,69     | 43,86                              | 5,95         | 74,11                              | 19,18                          | 95,4              |
|                      | Виходить                            |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 13                   | Фракція +20 мм (отвал)              | 9,00                        | 2,33                  | 0,41     | 24,8                               | 0,18         | 2,24                               | 0,58                           | 95,4              |
| 14                   | Фракція -20+10 мм                   | 19,97                       | 5,17                  | 0,91     | 44                                 | 0,71         | 8,84                               | 2,29                           | 95,4              |
| 15                   | Фракція -10+0 мм                    | 139,77                      | 36,17                 | 6,37     | 45,06                              | 5,06         | 63,03                              | 16,31                          | 95,4              |
|                      | Всього                              | 168,74                      | 43,67                 | 7,69     | 43,86                              | 5,95         | 74,11                              | 19,18                          | 95,4              |
| VIII                 | Суша магнітна сепарація             |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
|                      | Надходить                           |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |
| 3                    | Подрешітний продукт -20+0 мм        | 1736,49                     | 449,40                | 79,14    | 57,5                               | 80,16        | 998,51                             | 258,41                         | 95,4              |
|                      |                                     |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |                   |

Продовження табл. 4.1

| № операції / продукту | Назва операції / продукту            | Продуктивність,<br>тис тонн/рік | Продуктивність,<br>т/год | Вихід, % | Масова частка заліза<br>загального, % | Вилучення, % | Продуктивність по<br>залізу тис т/рік | Продуктивність по<br>залізу т/год | Зміст твердого, % |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------|---------------------------------------|--------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 7                     | Подрешітний продукт -20+0 мм         | 228,85                          | 59,23                    | 10,43    | 60,5                                  | 11,12        | 138,39                                | 35,82                             | 95,4              |
| 5                     | Всього                               | 1965,34                         | 508,63                   | 89,57    | 57,85                                 | 91,27        | 1136,90                               | 294,23                            | 95,4              |
|                       | Виходить                             |                                 |                          |          |                                       |              |                                       |                                   |                   |
| 17                    | Магнітний продукт (аглоруда А60)     | 1550,20                         | 401,19                   | 70,65    | 60,3                                  | 75,04        | 934,73                                | 241,91                            | 95,4              |
| 16                    | Немагнітний продукт                  | 415,14                          | 107,44                   | 18,92    | 48,7                                  | 16,23        | 202,17                                | 52,32                             | 95,4              |
|                       | Всього                               | 1965,34                         | 508,63                   | 89,57    | 57,85                                 | 91,27        | 1136,90                               | 294,23                            | 95,4              |
| IX                    | Складування                          |                                 |                          |          |                                       |              |                                       |                                   |                   |
|                       | Надходить                            |                                 |                          |          |                                       |              |                                       |                                   |                   |
| 17                    | Магнітний продукт (аглоруда А60)     | 1550,20                         | 401,19                   | 70,65    | 60,3                                  | 75,04        | 934,73                                | 241,91                            | 95,4              |
|                       | Виходить                             |                                 |                          |          |                                       |              |                                       |                                   |                   |
| 18                    | Продукт на високочастотне грохочення | 1550,20                         | 192,24                   | 70,65    | 60,3                                  | 75,04        | 934,73                                | 241,91                            | 95,4              |
| X                     | Високочастотне грохочення            |                                 |                          |          |                                       |              |                                       |                                   |                   |
|                       | Надходить                            |                                 |                          |          |                                       |              |                                       |                                   |                   |
| 18                    | Продукт на високочастотне            | 1550,20                         | 192,24                   | 70,65    | 60,3                                  | 75,04        | 934,73                                | 241,91                            | 95,4              |
|                       | Виходить                             |                                 |                          |          |                                       |              |                                       |                                   |                   |
| 19                    | Надрешітний продукт                  | 843,23                          | 104,57                   | 38,43    | 55,96                                 | 37,88        | 471,84                                | 122,12                            | 95,4              |
| 20                    | Залізорудний концентрат 1-0 мм       | 706,97                          | 87,67                    | 32,22    | 65,48                                 | 37,16        | 462,89                                | 119,79                            | 95,4              |
|                       | Всього                               | 1550,20                         | 192,24                   | 70,65    | 60,3                                  | 75,04        | 934,73                                | 241,91                            | 95,4              |
| XI                    | Складування, усереднення             |                                 |                          |          |                                       |              |                                       |                                   |                   |
|                       | Надходить                            |                                 |                          |          |                                       |              |                                       |                                   |                   |
| 19                    | Надрешітний продукт                  | 843,23                          | 104,57                   | 38,43    | 55,96                                 | 37,88        | 471,84                                | 122,12                            | 95,4              |
| 16                    | Немагнітний продукт                  | 415,14                          | 107,44                   | 18,92    | 48,7                                  | 16,23        | 202,17                                | 52,32                             | 95,4              |
| 10                    | Подрешітний продукт -10+0 мм         | 80,09                           | 20,73                    | 3,65     | 54,29                                 | 3,49         | 43,48                                 | 11,25                             | 95,4              |
| 15                    | Фракція -10+0 мм                     | 139,77                          | 36,17                    | 6,37     | 45,06                                 | 5,06         | 63,03                                 | 16,31                             | 95,4              |

Продовження табл. 4.1

| № операції / продукту | Название операції / продукту                 | Продуктивність,<br>тис тонн/рік | Продуктивність,<br>т/год | Вихід, % | Масова частка заліза<br>загального, % | Извлечение, % | Продуктивність по<br>залізу тис т/рік | Продуктивність по<br>залізу т/год | Зміст твердого, % |
|-----------------------|--|---------------------------------|--------------------------|----------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 21                    | Всього                                       | 1478,23                         | 268,91                   | 67,37    | 52,8                                  | 62,66         | 780,52                                | 202,00                            | 95,4              |
|                       | Виходить                                     |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
| 22                    | Продукт на дроблення в ВВД                   | 1478,23                         | 183,31                   | 67,37    | 52,8                                  | 62,66         | 780,52                                | 202,00                            | 95,4              |
| XII                   | Подріблення в ВВД                            |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
|                       | Надходить                                    |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
| 22                    | Продукт на дроблення в ВВД                   | 1478,23                         | 183,31                   | 67,37    | 52,8                                  | 62,66         | 780,52                                | 202,00                            | 95,4              |
| 25                    | Надрешітний продукт грохота                  | 2217,46                         | 274,98                   | 101,06   | 50,82                                 | 90,47         | 1126,94                               | 291,65                            | 95,4              |
| 23                    | Всього                                       | 3695,69                         | 458,29                   | 168,43   | 51,61                                 | 153,13        | 1907,46                               | 493,65                            | 95,4              |
|                       | Виходить                                     |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
| 24                    | Подрібнений продукт крупністю<br>2(1,6)-0    | 3695,69                         | 458,29                   | 168,43   | 51,61                                 | 153,13        | 1907,46                               | 493,65                            | 95,4              |
| XIII                  | Контрольне грохочення                        |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
|                       | Надходить                                    |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
| 24                    | Подрібнений продукт крупністю<br>2(1,6)-0    | 3695,69                         | 458,29                   | 168,43   | 51,61                                 | 153,13        | 1907,46                               | 493,65                            | 95,4              |
|                       | Виходить                                     |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
| 25                    | Надрешітний продукт грохота                  | 2217,46                         | 274,98                   | 101,06   | 50,82                                 | 90,47         | 1126,94                               | 291,65                            | 95,4              |
| 26                    | Продукт                                      | 1478,23                         | 183,31                   | 67,37    | 52,8                                  | 62,66         | 780,52                                | 202,00                            | 95,4              |
|                       | Всього                                       | 3695,69                         | 458,29                   | 168,43   | 51,61                                 | 153,13        | 1907,46                               | 493,65                            | 95,4              |
|                       |  |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
|                       | <b>Баланс продуктів</b>                      |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
|                       | <b>Надходить</b>                             |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
| 1                     | Сира руда                                    | 2194,20                         |                          | 100      | 56,77                                 | 100           | 1245,65                               |                                   | 95,4              |
|                       | <b>Виходить</b>                              |                                 |                          |          |                                       |               |                                       |                                   |                   |
| 13                    | Фракція +20 мм (отвал)                       | 9,00                            |                          | 0,41     | 24,8                                  | 0,18          | 2,24                                  |                                   | 95,4              |
| 20                    | Залізорудний концентрат 1-0 мм               | 706,97                          |                          | 32,22    | 65,48                                 | 37,16         | 462,89                                |                                   | 95,4              |
| 23                    | Подрібнений продукт крупністю<br>2(1,6)-0 мм | 1478,23                         |                          | 67,37    | 52,8                                  | 62,66         | 780,52                                |                                   | 95,4              |
|                       |  | 2194,20                         |                          | 100      | 56,77                                 | 100           | 1245,65                               |                                   | 95,4              |

## 4.2. РЕКОМЕНДОВАНА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ГЛИБОКОГО ЗБАГАЧЕННЯ РУД ШАХТИ “ЮВІЛЕЙНА”

Технологічна схема збагачувальної фабрики передбачає переробку промпродукту дробильно-сортувального комплексу (ДСК) крупністю 2(1,6)–0 мм із вмістом загального заліза 52,8% та магнетитового заліза 5,5% за схемою: подрібнення у замкнутому циклі, магнітне збагачення в слабкому полі (НІМС) матеріалу крупністю 90–95% класу менше 0,071 мм, магнітне збагачення немагнітного продукту НІМС у сильному магнітному полі (ВІМС) з виділенням хвостів та отриманням концентрату із масовою часткою заліза понад 64% і кремнезему менше 6–8%. Для отримання залізородного концентрату та промпродукту, який повертається у цикл мокрого магнітного збагачення, здійснюється гравітаційне збагачення магнітних промпродуктів.

### 4.2.1. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА МАГНІТНОГО ЗБАГАЧЕННЯ РУДИ

Якісно-кількісна схема виробництва залізовмісного концентрату наведена на рис. 4.3.

Схема включає:

- об'єднану операцію попереднього та контрольного грохочення за граничним зерном 0,071 мм;
- одну стадію подрібнення промпродукту ДСК до крупності 90–95% класу менше 0,071 мм;
- знешламлення підрешітного продукту грохотів;
- мокру магнітну сепарацію (НІМС) у полі з напруженістю 0,3 Тл;
- три прийоми мокрої магнітної сепарації (ВІМС) – основну і дві переробки немагнітного продукту у полі з напруженістю 1,2–1,3 Тл;
- згущення немагнітного продукту НІМС перед ВІМС у згущувачах;
- фільтрування концентрату до залишкового вмісту вологи 10,0%;
- складування відфільтрованого концентрату з подальшим відвантаженням споживачеві.

При обраному режимі роботи збагачувальної фабрики (8064 години на рік) середньогодинне навантаження становитиме 192,1 т/год за натуральною вагою та 183,3 т/год за сухою вагою.

Баланс продуктів переробки за схемою отримання залізовмісного концентрату наведено в таблиці 4.2.

Баланс витрат води за схемою наведено в таблиці 4.3.

З метою зменшення обсягу перекачуваних хвостів та організації внутрішнього водообороту відвальні хвости магнітного збагачення зневоднюються у радіальному згущувачі діаметром 50 м. На світовому ринку поширені пастові згущувачі компаній «WesTech Inc.» (США), "Outotech" (Фінляндія) та "FLSmidth" (Данія). Для отримання

чистого зливу застосовують флокулянти ПАА у кількості 60 г/т. Пастоподібні відходи подаватимуться на висоту до 50 м з ухилом поверхні відкладень до 6 %. Вода зі згущувача повертається на фабрику за системою перекачування.

Схема згущення хвостів наведено на рис. 4.4.

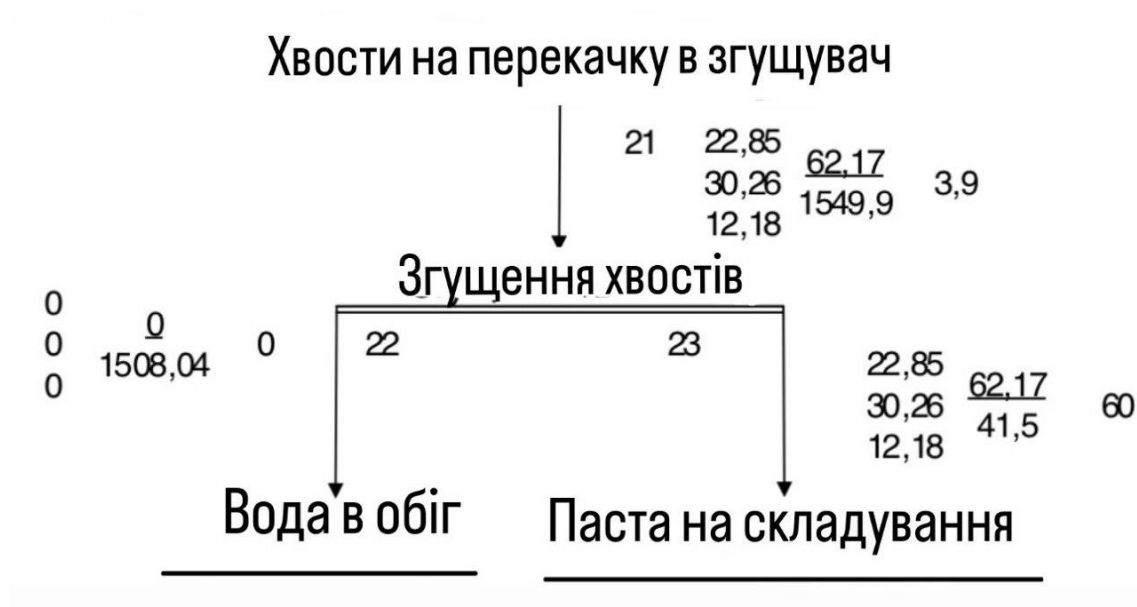


Рис.4.4 Схема стгушення хвостов

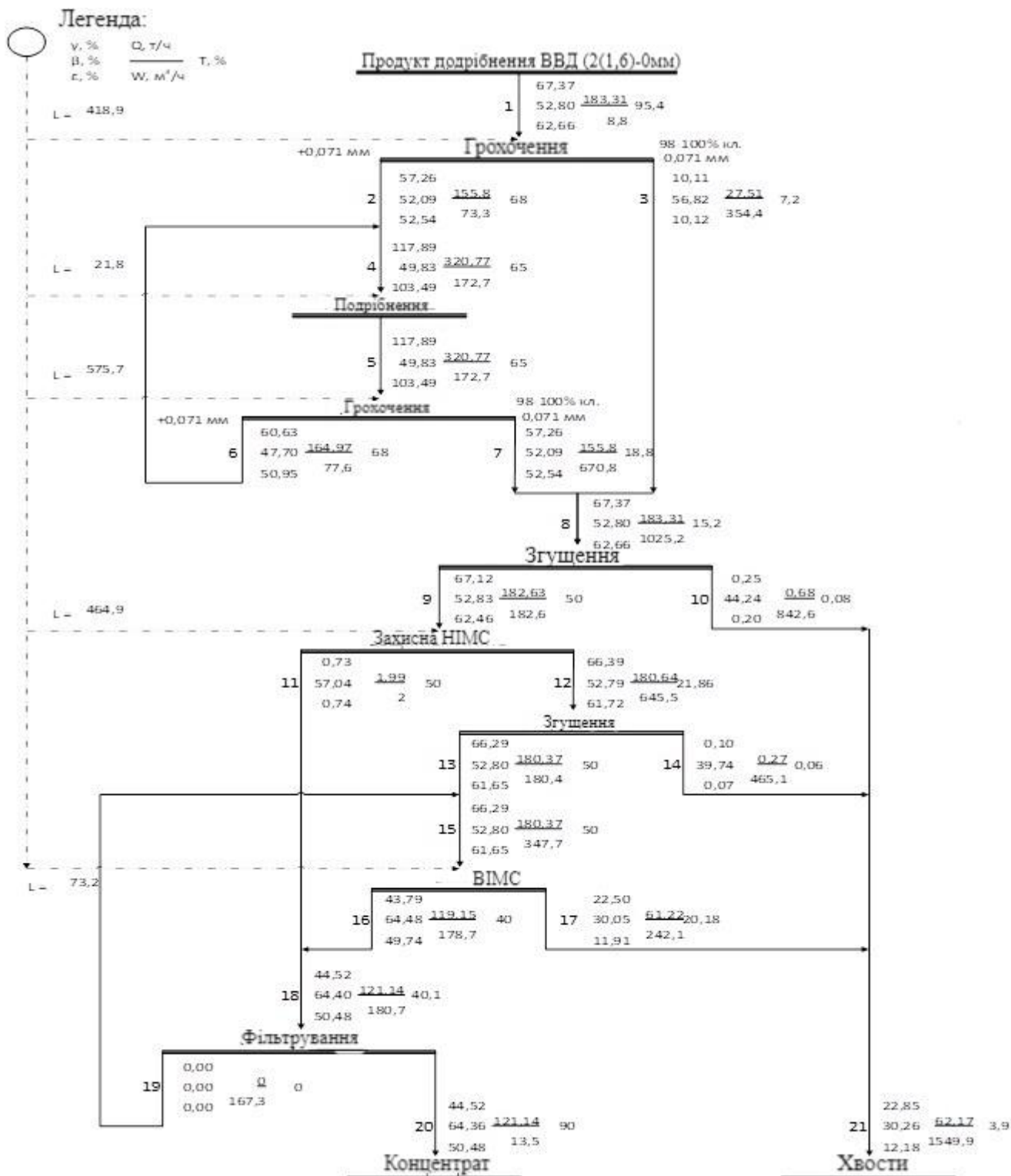


Рис.4.3. Якісно-кількісна та водно-шламова схема переробки руди ш.Ювілейна ПрАТ «Суша Балка» (варіант 1)

Таблиця 4.2 – Якісно-кількісні показники роботи збагачувальної фабрики

| № операції / продукту | Назва операції / продукту                | Продуктивність, тис тон/рік | Продуктивність, т/год | Вихід, % | Масова частка заліза загального, % | Вилучення, % | Продуктивність по залізу тис т/рік | Продуктивність по залізу т/год |
|-----------------------|--|-----------------------------|-----------------------|----------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------|
|                       | Вихідна руда                             | 2194,20                     | 272,10                | 100      | 56,77                              | 100          | 1245,65                            | 154,47                         |
| <b>I</b>              | <b>ДСК</b>                               |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
|                       | Виходить                                 |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
|                       | Відвал+ 20 мм                            | 9,00                        | 1,12                  | 0,41     | 24,8                               | 0,18         | 2,24                               | 0,28                           |
|                       | Залізорудний концентрат-1+0 мм           | 706,97                      | 87,67                 | 32,22    | 65,48                              | 37,16        | 462,89                             | 57,40                          |
|                       | продукт подрібнення ВВД                  | 1478,23                     | 183,31                | 67,37    | 52,8                               | 62,66        | 780,52                             | 96,79                          |
|                       | Всього                                   | 2194,20                     | 272,10                | 100      | 56,77                              | 100          | 1245,65                            | 154,47                         |
| <b>II</b>             | <b>Грохочення попереднє по 0.074 мм</b>  |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
|                       | Надходить                                |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
| 1                     | продукт подрібнення ВВД                  | 1478,23                     | 183,31                | 67,37    | 52,8                               | 62,66        | 780,52                             | 96,79                          |
|                       | Всього                                   |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
|                       | Виходить                                 |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
| 2                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм          | 221,83                      | 27,51                 | 10,11    | 56,82                              | 10,12        | 126,06                             | 15,63                          |
| 3                     | Надрешітний продукт                      | 1256,40                     | 155,80                | 57,26    | 52,09                              | 52,54        | 654,46                             | 81,16                          |
|                       | Всього                                   | 1478,23                     | 183,31                | 67,37    | 52,8                               | 62,66        | 780,52                             | 96,79                          |
| <b>III</b>            | <b>Подрібнення</b>                       |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
|                       | Надходить                                |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
| 3                     | Надрешітний продукт                      | 1256,40                     | 155,80                | 57,26    | 52,09                              | 52,54        | 654,46                             | 81,16                          |
| 7                     | Надрешітний продукт                      | 1330,34                     | 164,97                | 60,63    | 47,7                               | 50,95        | 634,66                             | 78,70                          |
| 4                     | Всього                                   | 2586,74                     | 320,77                | 117,89   | 49,83                              | 103,49       | 1289,12                            | 159,86                         |
|                       | Виходить                                 |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
| 5                     | Подрібнена руда                          | 2586,74                     | 320,77                | 117,89   | 49,83                              | 103,49       | 1289,12                            | 159,86                         |
|                       | Всього                                   | 2586,74                     | 320,77                | 117,89   | 49,83                              | 103,49       | 1289,12                            | 159,86                         |
| <b>IV</b>             | <b>Грохочення контрольне по 0.074 мм</b> |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
|                       | Надходить                                |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                |
| 5                     | Подрібнена руда                          | 2586,74                     | 320,77                | 117,89   | 49,83                              | 103,49       | 1289,12                            | 159,86                         |



Продовження табл. 4.2

| № операції / продукту | Назва операції / продукту       | Продуктивність, тис тон/рік | Продуктивність, т/год | Вихід, % | Масова частка заліза загального, % | Вилучення, % | Продуктивність по залізу, тис т/рік | Продуктивність по залізу, т/год |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|------------------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|
|                       | Всього                          | 2586,74                     | 320,77                | 117,89   | 49,83                              | 103,49       | 1289,12                             | 159,86                          |
|                       | Виходить                        |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 6                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм | 1256,40                     | 155,80                | 57,26    | 52,09                              | 52,54        | 654,46                              | 81,16                           |
| 7                     | Надрешітний продукт             | 1330,34                     | 164,97                | 60,63    | 47,7                               | 50,95        | 634,66                              | 78,70                           |
|                       | Всього                          | 2586,74                     | 320,77                | 117,89   | 49,83                              | 103,49       | 1289,12                             | 159,86                          |
|                       | Циркуляція                      |                             |                       | 105,88   |                                    |              |                                     |                                 |
| <b>V</b>              | <b>Згушення</b>                 |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 2                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм | 221,83                      | 27,51                 | 10,11    | 56,82                              | 10,12        | 126,06                              | 15,63                           |
| 6                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм | 1256,40                     | 155,80                | 57,26    | 52,09                              | 52,54        | 654,46                              | 81,16                           |
| 8                     | Всього                          | 1478,23                     | 183,31                | 67,37    | 52,8                               | 62,66        | 780,52                              | 96,79                           |
|                       | Виходить                        |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 9                     | Пески згущувача                 | 1472,75                     | 182,63                | 67,12    | 52,83                              | 62,46        | 778,03                              | 96,48                           |
| 10                    | Слив згущувача                  | 5,48                        | 0,68                  | 0,25     | 44,24                              | 0,2          | 2,49                                | 0,31                            |
|                       | Всього                          | 1478,23                     | 183,31                | 67,37    | 52,8                               | 62,66        | 780,52                              | 96,79                           |
| <b>VI</b>             | <b>Захисна НІМС</b>             |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 9                     | Пески згущувача                 | 1472,75                     | 182,63                | 67,12    | 52,83                              | 62,46        | 778,03                              | 96,48                           |
|                       | Всього                          | 1472,75                     | 182,63                | 67,12    | 52,83                              | 62,46        | 778,03                              | 96,48                           |
|                       | Виходить                        |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 11                    | Магнітний продукт               | 16,02                       | 1,99                  | 0,73     | 57,04                              | 0,74         | 9,22                                | 1,14                            |
| 12                    | немагнітний продукт             | 1456,73                     | 180,64                | 66,39    | 52,79                              | 61,72        | 768,81                              | 95,34                           |
|                       | Всього                          | 1472,75                     | 182,63                | 67,12    | 52,83                              | 62,46        | 778,03                              | 96,48                           |
| <b>VII</b>            | <b>Згушення</b>                 |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 12                    | немагнітний продукт             | 1456,73                     | 180,64                | 66,39    | 52,79                              | 61,72        | 768,81                              | 95,34                           |
|                       | Виходить                        |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 13                    | Пески згущувача                 | 1454,54                     | 180,37                | 66,29    | 52,8                               | 61,65        | 767,94                              | 95,23                           |

| № операції / продукту | Назва операції / продукту         | Продуктивність, тис тон/рік | Продуктивність, т/год | Вихід, % | Масова частка заліза загального, % | Вилучення, % | Продуктивність по залізу, тис т/рік | Продуктивність по залізу, т/год |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|------------------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 14                    | Слив згущувача                    | 2,19                        | 0,27                  | 0,1      | 39,74                              | 0,07         | 0,87                                | 0,11                            |
|                       | Всього                            | 1456,73                     | 180,64                | 66,39    | 52,79                              | 61,72        | 768,81                              | 95,34                           |
| <b>VIII</b>           | <b>ВИ<br/>ВІМС</b>                |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Находить                          |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 13                    | Пески згущувача                   | 1454,54                     | 180,37                | 66,29    | 52,8                               | 61,65        | 767,94                              | 95,23                           |
| 19                    | Фільтрат                          |                             |                       | 0        | 0                                  |              |                                     |                                 |
|                       | Всього                            | 1454,54                     | 180,37                | 66,29    | 52,8                               | 61,65        | 767,94                              | 95,23                           |
|                       | Виходить                          |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 15                    | Магнітний продукт ВІМС            | 960,84                      | 119,15                | 43,79    | 64,48                              | 49,74        | 619,58                              | 76,83                           |
| 16                    | немагнітний продукт ВІМС (хвости) | 493,70                      | 61,22                 | 22,5     | 30,05                              | 11,91        | 148,36                              | 18,40                           |
|                       | Всього                            | 1454,54                     | 180,37                | 66,29    | 52,8                               | 61,65        | 767,94                              | 95,23                           |
| <b>IX</b>             | <b>Фільтрування</b>               |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Находить                          |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 11                    | Магнітний продукт                 | 16,02                       | 1,99                  | 0,73     | 57,04                              | 0,74         | 9,22                                | 1,14                            |
| 15                    | Магнітний продукт ВІМС            | 960,84                      | 119,15                | 43,79    | 64,48                              | 49,74        | 619,58                              | 76,83                           |
|                       | Виходить                          |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 20                    | <b>Кек концентрата</b>            | 976,86                      | 121,14                | 44,52    | 64,36                              | 50,48        | 628,80                              | 77,98                           |
| 19                    | Фільтрат                          |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Всього                            | 976,86                      | 121,14                | 44,52    | 64,36                              | 50,48        | 628,80                              | 77,98                           |
| <b>X</b>              | <b>Згущення хвостів</b>           |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Находить                          |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 10                    | Слив згущувача                    | 5,48                        | 0,68                  | 0,25     | 44,24                              | 0,2          | 2,49                                | 0,31                            |
| 14                    | Слив згущувача                    | 2,19                        | 0,27                  | 0,1      | 39,74                              | 0,07         | 0,87                                | 0,11                            |
| 16                    | Немагнітний продукт ВІМС (хвости) | 493,70                      | 61,22                 | 22,5     | 30,05                              | 11,91        | 148,36                              | 18,40                           |
| 21                    | Всього                            | 501,37                      | 62,17                 | 22,85    | 30,26                              | 12,18        | 151,72                              | 18,81                           |
|                       | <b>Виходить</b>                   |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                 |
| 22                    | Вода в обіг                       |                             |                       |          |                                    |              |                                     | 835,62                          |
| 23                    | Паста на складування              | 501,37                      | 62,17                 | 22,85    | 30,26                              | 12,18        | 151,72                              | 18,81                           |
|                       | Всього                            | 501,37                      | 62,17                 | 22,85    | 30,26                              | 12,18        | 151,72                              | 18,81                           |

Продовження табл 4.2.

| № операції / продукту | Назва операції / продукту         | Продуктивність, тис тон/рік | Продуктивність, т/год | Вихід, % | Масова частка заліза загального, % | Вилучення, % | Продуктивність по залізу тис т/рік | Продуктивність по залізу, т/год |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|---------------------------------|
|                       | <b>Баланс продуктів за схемою</b> |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                 |
|                       | Надходить                         |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                 |
|                       | Сира руда                         | 2194,20                     | 272,10                | 100      | 56,77                              | 100          | 1245,65                            | 154,47                          |
|                       | Виходить                          |                             |                       |          |                                    |              |                                    |                                 |
|                       | Товарна продукція                 | 1683,83                     | 208,81                | 76,74    | 64,83                              | 87,64        | 1091,69                            | 135,38                          |
|                       | Відходи                           | 510,37                      | 63,29                 | 23,26    | 30,18                              | 12,36        | 153,96                             | 19,09                           |
|                       | Всього                            | 2194,20                     | 272,10                | 100      | 56,77                              | 100          | 1245,65                            | 154,47                          |

Таблиця 4.3 – Розрахунок водно-шламової схеми збагачення руди ш. Ювілейна ПрАТ «Суша Балка»

| № операції / продукту | Назва операції / продукту               | Продуктивність, тис тон/рік | Продуктивність, т/год | Зміст твердого, % | Розрідження | Обсяг води, тис м <sup>3</sup> /рік | Обсяг води, м <sup>3</sup> /год | Обсяг пульпи, м <sup>3</sup> /г |
|-----------------------|---|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                       | Вихідна руда                            | 2194,20                     | 272,10                | 95,4              | 0,048218    | 105,8                               | 13,1                            |                                 |
| <b>I</b>              | <b>ДСК</b>                              |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                 |
|                       | Виходить                                |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                 |
|                       | Відвал + 20 мм                          | 9,00                        | 1,12                  | 95,4              | 0,0482      | 0,4                                 | 0,1                             |                                 |
|                       | Залізорудний концентрат-1+0 мм          | 706,97                      | 87,67                 | 95,4              | 0,0482      | 34,1                                | 4,2                             |                                 |
|                       | продукт дроблення ВВД                   | 1478,23                     | 183,31                | 95,4              | 0,0482      | 71,3                                | 8,8                             |                                 |
|                       | всього                                  | 2194,20                     | 272,10                | 95,4              | 0,0482      | 105,8                               | 13,1                            |                                 |
| <b>II</b>             | <b>Грохочення попереднє по 0.074 мм</b> |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                 |
|                       | Надходить                               |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                 |
| 1                     | продукт дроблення ВВД                   | 1478,23                     | 183,31                | 95,4              | 0,0482      | 71,3                                | 8,8                             | 50,5                            |
|                       | Свіжа вода                              |                             |                       |                   |             | 3377,9                              | 418,9                           | 418,9                           |

Продовження табл. 4.3

| № операції / продукту | Назва операції / продукту                | Продуктивність. тис тон/рік | Продуктивність . т/год | Зміст твердого, % | Розрідження | Обсяг води, тис м <sup>3</sup> /рік | Обсяг води, м <sup>3</sup> /год | Обсяг пульпи, м <sup>3</sup> /год |
|-----------------------|--|-----------------------------|------------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|                       | Всього                                   | 1478,23                     | 183,31                 | 30                | 2,3333      | 3449,2                              | 427,7                           | 469,4                             |
|                       | Виходить                                 |                             |                        |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 2                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм          | 221,83                      | 27,51                  | 7,2               | 12,883      | 2858,0                              | 354,4                           | 360,7                             |
| 3                     | Надрешітний продукт                      |                             |                        |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Всього                                   | 1256,40                     | 155,80                 | 68                | 0,4706      | 591,2                               | 73,3                            | 108,7                             |
| <b>III</b>            | <b>Подрібнення</b>                       | 1478,23                     | 183,31                 | 30                | 2,3333      | 3449,2                              | 427,7                           | 469,4                             |
|                       | Надходить                                |                             |                        |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 3                     | Надрешітний продукт                      | 1256,40                     | 155,80                 | 68                | 0,4706      | 591,2                               | 73,3                            | 108,7                             |
| 7                     | Надрешітний продукт                      | 1330,34                     | 164,97                 | 68                | 0,4706      | 626,1                               | 77,6                            | 115,1                             |
|                       | Свіжа вода                               |                             |                        |                   |             | 175,7                               | 21,8                            | 21,8                              |
| 4                     | Всього                                   | 2586,74                     | 320,77                 | 65                | 0,5385      | 1393,0                              | 172,7                           | 245,6                             |
|                       | Виходить                                 |                             |                        |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 5                     | Подрібнена руда                          | 2586,74                     | 320,77                 | 65                | 0,5385      | 1393,0                              | 172,7                           | 245,6                             |
|                       | Всього                                   | 2586,74                     | 320,77                 | 65                | 0,5385      | 1393,0                              | 172,7                           | 245,6                             |
| <b>IV</b>             | <b>Грохочення контрольне по 0.074 мм</b> |                             |                        |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Надходить                                |                             |                        |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 5                     | Подрібнена руда                          | 2586,74                     | 320,77                 | 65                | 0,5385      | 1393,0                              | 172,7                           | 245,6                             |
|                       | Свіжа вода                               |                             |                        |                   |             | 4642,8                              | 575,7                           | 575,7                             |
|                       | Всього                                   | 2586,74                     | 320,77                 | 30                | 2,3333      | 6035,8                              | 748,4                           | 821,3                             |
|                       | Виходить                                 |                             |                        |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 6                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм          | 1256,40                     | 155,80                 | 18,8              | 4,3057      | 5409,7                              | 670,8                           | 706,2                             |
| 7                     | Надрешітний продукт                      | 1330,34                     | 164,97                 | 68                | 0,4706      | 626,1                               | 77,6                            | 115,1                             |
|                       | Всього                                   | 2586,74                     | 320,77                 | 30                | 2,3333      | 6035,8                              | 748,4                           | 821,3                             |
|                       | Циркуляція - 105,88 %                    |                             |                        |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| <b>V</b>              | <b>Згущення</b>                          |                             |                        |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 2                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм          | 221,83                      | 27,51                  | 7,2               | 12,883      | 2858,0                              | 354,4                           | 360,7                             |
| 6                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм          | 1256,40                     | 155,80                 | 18,8              | 4,3057      | 5409,7                              | 670,8                           | 706,2                             |
| 8                     | Всього                                   | 1478,23                     | 183,31                 | 15,2              | 5,5931      | 8267,7                              | 1025,2                          | 1066,9                            |
|                       | Виходить                                 |                             |                        |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 9                     | Пески згущувача                          | 1472,75                     | 182,63                 | 50                | 1           | 1472,7                              | 182,6                           | 224,1                             |
| 10                    | Слив згущувача                           | 5,48                        | 0,68                   | 0,08              | 1242,39     | 6795,0                              | 842,6                           | 842,8                             |

Продовження табл 4.3

| № операції / продукту | Назва операції / продукту         | Продуктивність.<br>тис тон/рік | Продуктивність.<br>т/год | Зміст твердого,<br>% | Розрідження | Обсяг води, тис<br>м <sup>3</sup> /рік | Обсяг<br>води,<br>м <sup>3</sup> /год | Обсяг<br>пульпи,<br>м <sup>3</sup> /год |
|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------|--|---------------------------------------|---|
|                       | Всього                            | 1478,23                        | 183,31                   | 15,2                 | 5,5931      | 8267,7                                 | 1025,2                                | 1066,9                                  |
| <b>VI</b>             | <b>Захисна НІМС</b>               |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
|                       | Надходить                         |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
| 9                     | Пески згущувача                   | 1472,75                        | 182,63                   | 50                   | 1           | 1472,7                                 | 182,6                                 | 224,1                                   |
|                       | Свіжа вода                        |                                |                          |                      |             | 3748,9                                 | 464,9                                 | 464,9                                   |
|                       | Всього                            | 1472,75                        | 182,63                   | 22                   | 3,5455      | 5221,6                                 | 647,5                                 | 689,0                                   |
|                       | Виходить                          |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
| 11                    | Магнітний продукт                 | 16,02                          | 1,99                     | 50                   | 1           | 16,0                                   | 2,0                                   | 2,4                                     |
| 12                    | немагнітний продукт               | 1456,73                        | 180,64                   | 21,86                | 3,5736      | 5205,6                                 | 645,5                                 | 686,6                                   |
|                       | Всього                            | 1472,75                        | 182,63                   | 22                   | 3,5455      | 5221,6                                 | 647,5                                 | 689,0                                   |
| <b>VII</b>            | <b>Згущення</b>                   |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
|                       | Приходить                         |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
| 12                    | немагнітний продукт               | 1456,73                        | 180,64                   | 21,86                | 3,5736      | 5205,6                                 | 645,5                                 | 686,6                                   |
|                       | Виходить                          |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
| 13                    | Пески згущувача                   | 1454,54                        | 180,37                   | 50                   | 1           | 1454,5                                 | 180,4                                 | 221,4                                   |
| 14                    | Слив згущувача                    | 2,19                           | 0,27                     | 0,06                 | 1709,53     | 3751,1                                 | 465,1                                 | 465,2                                   |
|                       | Всього                            | 1456,73                        | 180,64                   | 21,9                 | 3,5736      | 5205,6                                 | 645,5                                 | 686,6                                   |
| <b>VIII</b>           | <b>ВІМС</b>                       |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
|                       | Надходить                         |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
| 13                    | Пески згущувача                   | 1454,54                        | 180,37                   | 50                   | 1           | 1454,5                                 | 180,4                                 | 221,4                                   |
| 17                    | Фільтрат                          | 0                              | 1                        | 0                    | 0           | 1348,7                                 | 167,3                                 | 167,3                                   |
|                       | Свіжа вода                        |                                |                          |                      |             | 590,6                                  | 73,2                                  | 73,2                                    |
|                       | Всього                            | 1454,54                        | 180,37                   | 30                   | 2,3333      | 3393,9                                 | 420,9                                 | 461,9                                   |
|                       | Виходить                          |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
| 15                    | Магнітний продукт ВІМС            | 960,84                         | 119,15                   | 40                   | 1,5         | 1441,3                                 | 178,7                                 | 205,8                                   |
| 16                    | немагнітний продукт ВІМС (хвосты) | 493,70                         | 61,22                    | 20,18                | 3,9555      | 1952,6                                 | 242,1                                 | 256,1                                   |
|                       | Всього                            | 1454,54                        | 180,37                   | 30                   | 2,3333      | 3393,9                                 | 420,9                                 | 461,9                                   |
| <b>IX</b>             | <b>Фільтрування</b>               |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
|                       | Надходить                         |                                |                          |                      |             |  |                                       |   |
| 11                    | Магнітний продукт                 | 16,02                          | 1,99                     | 50                   | 1           | 16,0                                   | 2,0                                   | 2,4                                     |
| 15                    | Магнітний продукт ВІМС            | 960,84                         | 119,15                   | 40                   | 1,5         | 1441,3                                 | 178,7                                 | 205,8                                   |

Продовження табл 4.3

| № операції / продукту | Назва операції / продукту         | Продуктивність. тис тон/рік | Продуктивність. т/год | Зміст твердого, % | Розрідження | Обсяг води, тис м <sup>3</sup> /год | Обсяг води, м <sup>3</sup> /год | Обсяг пульпи, м <sup>3</sup> /год |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|                       | Виходить                          |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 20                    | Кек концентрату                   | 976,86                      | 121,14                | 90                | 0,1111      | 108,5                               | 13,5                            | 41,0                              |
| 19                    | Фільтрат                          |                             |                       |                   |             | 1348,7                              | 167,3                           | 167,3                             |
|                       | Всього                            | 976,86                      | 121,14                | 40,13             | 1,4918      | 1457,3                              | 180,7                           | 208,2                             |
| X                     | <b>Сгущення хвостів</b>           |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Надходить                         |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 10                    | Слив згущувача                    | 5,48                        | 0,68                  | 0,08              | 1242,39     | 6795,0                              | 842,6                           | 842,8                             |
| 14                    | Слив згущувача                    | 2,19                        | 0,27                  | 0,06              | 1709,5      | 3751,1                              | 465,1                           | 465,2                             |
| 16                    | немагнітний продукт ВІМС (хвости) | 493,70                      | 61,22                 | 20,18             | 3,9555      | 1952,6                              | 242,1                           | 256,1                             |
| 21                    | Всього                            | 501,37                      | 62,17                 | 3,9               | 29,936      | 12498,7                             | 1549,9                          | 1564,0                            |
|                       | <b>Виходить</b>                   |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 22                    | Вода в обіг                       |                             |                       |                   |             | 12164,4                             | 1508,4                          | 1508,4                            |
| 23                    | Паста на складування              | 501,37                      | 62,17                 | 60                | 0,6667      | 334,3                               | 41,5                            | 55,6                              |
|                       | Всього                            | 501,37                      | 62,17                 | 3,9               | 29,936      | 12498,7                             | 1549,9                          | 1564,0                            |
|                       | <b>Баланс за схемою</b>           |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Приходить                         |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | руда                              | 2194,20                     | 272,10                | 95,4              | 0,0482      | 105,8                               | 13,1                            |                                   |
|                       | Свіжа вода                        |                             |                       |                   |             | 12535,9                             | 1554,6                          |                                   |
|                       | Всього                            | 2194,20                     | 272,10                |                   |             | 12641,7                             | 1567,7                          |                                   |
|                       | Виходить                          |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Товарна продукція                 | 1683,83                     | 208,81                |                   |             | 142,6                               | 17,7                            |                                   |
|                       | Відходи                           | 510,37                      | 63,29                 | 3,92              | 24,495      | 12499,1                             | 1550,0                          |                                   |
|                       | Всього                            | 2194,20                     | 272,10                |                   |             | 12641,7                             | 1567,7                          |                                   |

#### 4.2.2. СХЕМА З ГРАВІТАЦІЙНИМ ДОВЕДЕННЯМ КОНЦЕНТРАТУ МАГНІТНОГО ЗБАГАЧЕННЯ

Для отримання концентратів із масовою часткою заліза понад 64% та кремнезему менше 5% у технологічній схемі передбачено доведення тонкоподрібнених гематитових концентратів за рахунок гравітаційного збагачення магнітних промпродуктів. Це дозволяє отримати залізорудний концентрат і промпродукт, який повертається на доопрацювання.

Схема доведення включає (рис. 4.4):

- основну концентрацію з отриманням концентрату, промпродукту та легкої фракції;
- концентрацію промпродукту з отриманням концентрату та легкої фракції; при цьому промпродукт повертається до цієї ж операції;
- згущення легких продуктів основної та промпродуктової концентрації;
- контрольну концентрацію легких продуктів із отриманням концентрату та легкої фракції; промпродукт при цьому також повертається до цієї операції;
- згущення легких продуктів контрольної концентрації;
- три прийоми мокрої магнітної сепарації (ВІМС) – основну та дві переробки легкої фракції у полі з напруженістю 1,2–1,3 Тл;
- фільтрування концентрату до залишкового вмісту вологи 10,0%;
- складування відфільтрованого концентрату з подальшим відвантаженням споживачеві.

Баланс продуктів переробки за схемою отримання залізовмісного концентрату наведено в таблиці 4.4.

Баланс витрат води за схемою наведено в таблиці 4.5.

Повний хімічний аналіз залізовмісного концентрату високої якості наведено в таблиці 4.6.

Технологічні показники переробки руди на дробильно-сортувальному комплексі шахти «Ювілейна» наведено в таблиці 4.7.

Для зменшення обсягу перекачуваних хвостів та організації внутрішнього водообороту відвальні хвости магнітного збагачення зневоднюються у радіальному згущувачі діаметром 50 м. На світовому ринку поширені пастові згущувачі компаній WesTech Inc. (США), Outotec (Фінляндія) та FLSmidth (Данія). Для отримання чистого зливу використовують флокулянти ПАА у кількості 60 г/т. Пастоподібні відходи подаються на висоту до 50 м з ухилом поверхні відкладень до 6%. Вода зі згущувача повертається на фабрику за системою перекачування.

Схема згущення хвостів наведена на рис. 4.5.

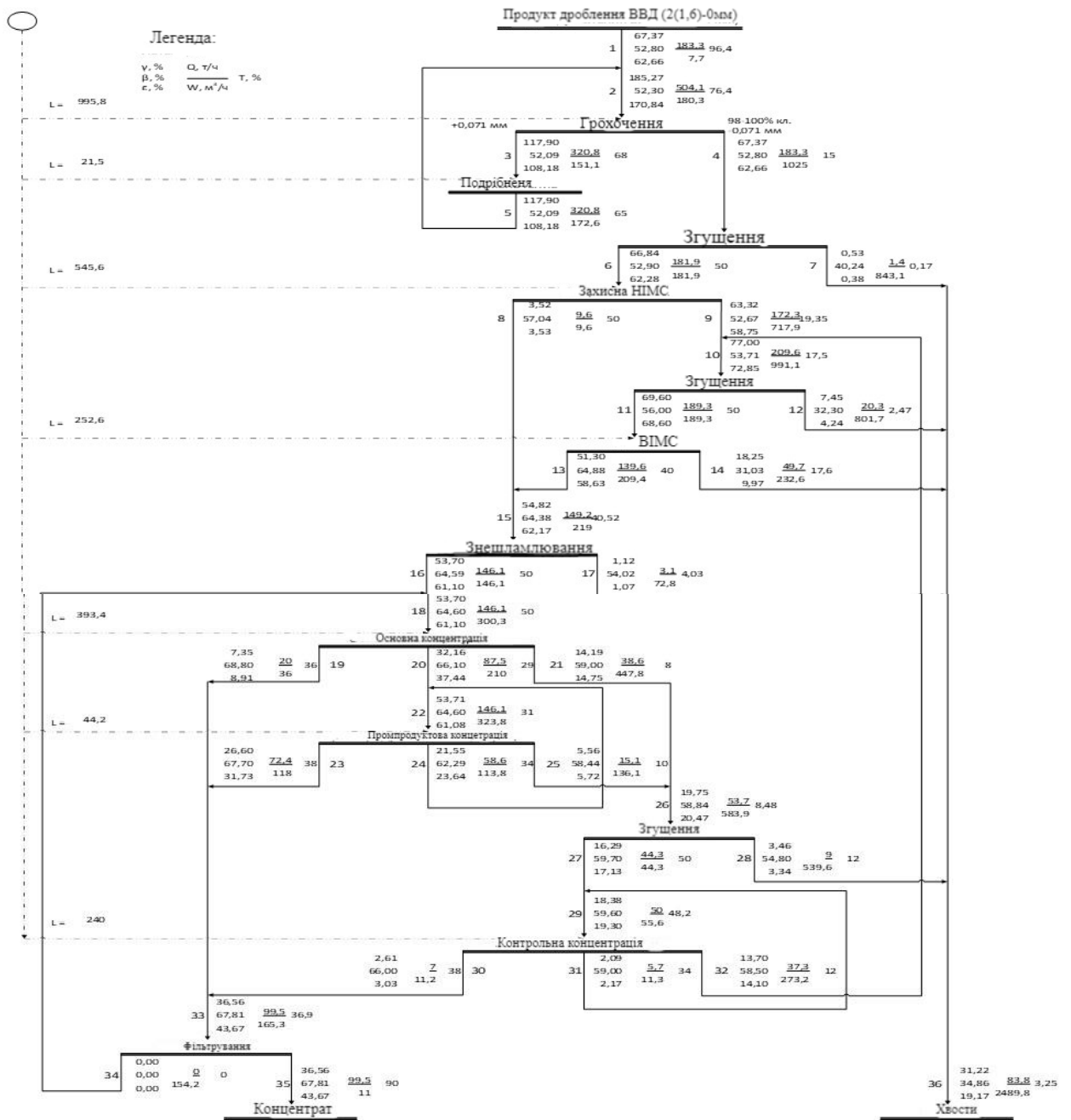


Рис.4.4. Якісно-кількісна та водно-шламова схема з доведенням концентрату гравітаційними методами ш.Ювілейна ПрАТ «Суша Балка» (Варіант 2)



Таблиця 4.4 – Якісно-кількісні показники роботи збагачувальної фабрики з доведенням концентрату гравітаційними методами

| № операції / продукту | Назва операції / продукту       | Продуктивність. тис тон/рік | Продуктивність. т/год | Вихід, % | Масова частка заліза загального, % | Вилучення, % | Продуктивність по залізу, тис т/рік | Продуктивність по залізу/т/год |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|------------------------------------|--------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| <b>I</b>              | <b>Грохочення по 0.074 мм</b>   |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
| 1                     | продукт подрібнення ВВД         | 1478,2                      | 183,3                 | 67,37    | 52,8                               | 62,66        | 780,5                               | 96,8                           |
| 5                     | Розвантаження млина             | 2587,0                      | 320,8                 | 117,9    | 52,09                              | 108,18       | 1347,5                              | 167,1                          |
| 2                     | Всього                          | 4065,2                      | 504,1                 | 185,27   | 52,35                              | 170,84       | 2128,0                              | 263,9                          |
|                       | Виходить                        |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
| 4                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм | 1478,2                      | 183,3                 | 67,37    | 52,8                               | 62,66        | 780,5                               | 96,8                           |
| 3                     | Надрешітний продукт             | 2587,0                      | 320,8                 | 117,9    | 52,09                              | 108,18       | 1347,5                              | 167,1                          |
|                       | всього                          | 4065,2                      | 504,1                 | 185,27   | 52,35                              | 170,84       | 2128,0                              | 263,9                          |
| <b>II</b>             | <b>Подрібнення</b>              |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
| 3                     | Надрешітний продукт             | 2587,0                      | 320,8                 | 117,9    | 52,09                              | 108,18       | 1347,5                              | 167,1                          |
|                       | Свіжа вода                      |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
|                       | Всього                          | 2587,0                      | 320,8                 | 117,9    | 52,09                              | 108,18       | 1347,5                              | 167,1                          |
|                       | Виходить                        |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
| 5                     | Розвантаження млина             | 2587,0                      | 320,8                 | 117,9    | 52,09                              | 108,18       | 1347,5                              | 167,1                          |
|                       | Всього                          | 2587,0                      | 320,8                 | 117,9    | 52,09                              | 108,18       | 1347,5                              | 167,1                          |
|                       | Циркуляція                      |                             |                       | 175      |                                    |              |                                     |                                |
| <b>III</b>            | <b>Згущення</b>                 |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
| 4                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм | 1478,2                      | 183,3                 | 67,37    | 52,8                               | 62,66        | 780,5                               | 96,8                           |
|                       | Всього                          |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
|                       | Виходить                        | 1478,2                      | 183,3                 | 67,37    | 52,8                               | 62,66        | 780,5                               | 96,8                           |
| 6                     | Піски згущувача                 | 1466,6                      | 181,9                 | 66,84    | 52,9                               | 62,28        | 775,8                               | 96,2                           |
| 7                     | Слив згущувача                  | 11,6                        | 1,4                   | 0,53     | 40,24                              | 0,38         | 4,7                                 | 0,6                            |
|                       | Всього                          | 1478,2                      | 183,3                 | 67,37    | 52,8                               | 62,66        | 780,5                               | 96,8                           |
| <b>IV</b>             | <b>Захисна НІМС</b>             |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
|                       | Надходить                       |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
| 6                     | Піски згущувача                 | 1466,6                      | 181,9                 | 66,84    | 52,9                               | 62,28        | 775,8                               | 96,2                           |
|                       | свіжа вода                      |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |
|                       | Всього                          | 1466,6                      | 181,9                 | 66,84    | 52,9                               | 62,28        | 775,8                               | 96,2                           |
|                       | виходить                        |                             |                       |          |                                    |              |                                     |                                |

Продовження табл 4.4

| № операції / продукту | Назва операції / продукту         | Продуктивність . тис тон/рік | Продуктивність . т/год | Вихід% | Масова частка заліза загального, % | Вилучення, % | Продуктивність по залізу, тис т/рік | Продуктивність по залізу, т/год |
|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------|--------|------------------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 8                     | Магнітний продукт                 | 77,2                         | 9,6                    | 3,52   | 57,04                              | 3,53         | 44,0                                | 5,5                             |
| 9                     | немагнітний продукт               | 1389,4                       | 172,3                  | 63,32  | 52,67                              | 58,75        | 731,8                               | 90,8                            |
|                       | Всього                            | 1466,6                       | 181,9                  | 66,84  | 52,9                               | 62,28        | 775,8                               | 96,2                            |
| <b>V</b>              | <b>Згушення</b>                   |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Надходить                         |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
| 9                     | немагнітний продукт               | 1389,4                       | 172,3                  | 63,32  | 52,67                              | 58,75        | 731,8                               | 90,8                            |
| 32                    | легка фракція                     | 300,4                        | 37,3                   | 13,69  | 58,5                               | 14,1         | 175,6                               | 21,8                            |
| 10                    | Всього                            | 1689,8                       | 209,6                  | 77,01  | 53,71                              | 72,85        | 907,4                               | 112,6                           |
|                       | виходить                          |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
| 11                    | Піски згущувача                   | 1526,1                       | 189,3                  | 69,55  | 56                                 | 68,61        | 854,6                               | 106,0                           |
| 12                    | Слив згущувача                    | 163,7                        | 20,3                   | 7,46   | 32,3                               | 4,24         | 52,8                                | 6,6                             |
|                       | Усього                            | 1689,8                       | 209,6                  | 77,01  | 53,71                              | 72,85        | 907,4                               | 112,6                           |
| <b>VI</b>             | <b>ВІМС</b>                       |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Надходить                         |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
| 11                    | Піски згущувача                   | 1526,1                       | 189,3                  | 69,55  | 56                                 | 68,61        | 854,6                               | 106,0                           |
|                       | Свіжа вода                        |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Всього                            | 1526,1                       | 189,3                  | 69,55  | 56                                 | 68,61        | 854,6                               | 106,0                           |
|                       | Виходить                          |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
| 13                    | Магнітний продукт ВІМС            | 1125,6                       | 139,6                  | 51,3   | 64,88                              | 58,63        | 730,3                               | 90,6                            |
| 14                    | немагнітний продукт ВІМС (хвости) | 400,5                        | 49,7                   | 18,25  | 31,03                              | 9,97         | 124,3                               | 15,4                            |
|                       | Всього                            | 1526,1                       | 189,3                  | 69,55  | 56                                 | 68,61        | 854,6                               | 106,0                           |
| <b>VII</b>            | <b>Знешламлювання</b>             |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Надходить                         |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
| 13                    | Магнітний продукт ВІМС            | 1125,6                       | 139,6                  | 51,3   | 64,88                              | 58,63        | 730,3                               | 90,6                            |
| 8                     | Магнітний продукт                 | 77,0                         | 9,6                    | 3,51   | 57,04                              | 3,54         | 44,1                                | 5,5                             |
| 15                    | Всього                            | 1202,6                       | 149,2                  | 54,81  | 64,38                              | 62,17        | 774,4                               | 96,1                            |
|                       | Виходить                          |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
| 16                    | Піски згущувача                   | 1178,3                       | 146,1                  | 53,7   | 64,59                              | 61,1         | 761,1                               | 94,4                            |
| 17                    | Слив згущувача                    | 24,3                         | 3,1                    | 1,11   | 54,02                              | 1,07         | 13,3                                | 1,7                             |
|                       | Всього                            | 1202,6                       | 149,2                  | 54,81  | 64,38                              | 62,17        | 774,4                               | 96,1                            |
| <b>VIII</b>           | <b>Основна концентрація</b>       |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Надходить                         |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
| 16                    | Піски згущувача                   | 1178,3                       | 146,1                  | 53,7   | 64,59                              | 61,1         | 761,1                               | 94,4                            |
| 34                    | Фільтрат                          |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Свіжа вода                        |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
| 18                    | Всього                            | 1178,3                       | 146,1                  | 53,7   | 64,59                              | 61,1         | 761,1                               | 94,4                            |
|                       | виходить                          |                              |                        |        |                                    |              |                                     |                                 |
| 19                    | Концентрат 1                      | 161,2                        | 20,0                   | 7,35   | 68,8                               | 8,91         | 111,0                               | 13,8                            |
| 20                    | Промпродукт                       | 705,7                        | 87,5                   | 32,16  | 66,1                               | 37,44        | 466,4                               | 57,8                            |

Продовження табл 4.4

| № операції / продукту | Назва операції / продукту          | Продуктивність.<br>тис тон/рік | Продуктивність.<br>т/год | Вихід, % | Масова частка заліза загального, | Вилучення% | Продуктивність по залізу, тис т/рік | Продуктивність по залізу, т/год |
|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------|----------------------------------|------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 21                    | Легка фракція                      | 311,4                          | 38,6                     | 14,19    | 59                               | 14,75      | 183,7                               | 22,8                            |
|                       | Всього                             | 1178,3                         | 146,1                    | 53,7     | 64,59                            | 61,1       | 761,1                               | 94,4                            |
| <b>IX</b>             | <b>Промпродуктова концентрація</b> |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
|                       | Надходить                          |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
| 20                    | Промпродукт                        | 705,7                          | 87,5                     | 32,16    | 66,1                             | 37,44      | 466,4                               | 57,8                            |
| 24                    | Промпродукт пп концентрації        | 472,9                          | 58,6                     | 21,55    | 62,29                            | 23,64      | 294,5                               | 36,5                            |
|                       | Свіжа вода                         | 0,0                            | 0,0                      |          |                                  |            |                                     |                                 |
| 22                    | Всього                             | 1178,6                         | 146,1                    | 53,71    | 64,57                            | 61,09      | 760,9                               | 94,3                            |
|                       | Виходить                           |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
| 23                    | Концентрат 2                       | 583,7                          | 72,4                     | 26,6     | 67,7                             | 31,73      | 395,2                               | 49,0                            |
| 24                    | Промпродукт пп концентрації        | 472,9                          | 58,6                     | 21,55    | 62,29                            | 23,64      | 294,5                               | 36,5                            |
| 25                    | Легка фракція                      | 122,0                          | 15,1                     | 5,56     | 58,44                            | 5,72       | 71,2                                | 8,7                             |
|                       | Всього                             | 1178,6                         | 146,1                    | 53,71    | 64,58                            | 61,09      | 760,9                               | 94,3                            |
| <b>X</b>              | <b>Згущення</b>                    |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
|                       | Надходить                          |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
| 21                    | Легка фракція                      | 311,4                          | 38,6                     | 14,19    | 59                               | 14,75      | 183,7                               | 22,8                            |
| 25                    | Легка фракція                      | 122,0                          | 15,1                     | 5,56     | 58,44                            | 5,72       | 71,2                                | 8,7                             |
| 26                    | Всього                             | 433,4                          | 53,7                     | 19,75    | 58,84                            | 20,47      | 254,9                               | 31,5                            |
|                       | Виходить                           |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
| 27                    | Пески згущувача                    | 357,4                          | 44,3                     | 16,29    | 59,7                             | 17,13      | 213,4                               | 26,5                            |
| 28                    | Слив згущувача                     | 76                             | 9,4                      | 3,46     | 54,8                             | 3,34       | 41,5                                | 5,1                             |
|                       | Всього                             | 433,4                          | 53,7                     | 19,75    | 58,84                            | 20,47      | 254,9                               | 31,5                            |
| <b>XI</b>             | <b>Контрольна концентрація</b>     |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
|                       | Надходить                          |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
| 27                    | Пески згущувача                    | 357,4                          | 44,3                     | 16,29    | 59,7                             | 17,13      | 213,4                               | 26,5                            |
| 31                    | Промпродукт кк концентрації        | 45,9                           | 5,7                      | 2,09     | 59                               | 2,17       | 27,0                                | 3,4                             |
|                       | Свіжа вода                         |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
| 29                    | всього                             | 403,3                          | 50,0                     | 18,38    | 59,62                            | 19,3       | 240,4                               | 29,8                            |
|                       | Виходить                           |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
| 30                    | Концентрат 3                       | 57,3                           | 7,0                      | 2,61     | 66                               | 3,03       | 37,7                                | 4,7                             |
| 31                    | Промпродукт кк концентрації        | 45,9                           | 5,7                      | 2,09     | 59                               | 2,17       | 27,0                                | 3,4                             |
| 32                    | Легка фракція                      | 300,4                          | 37,3                     | 13,69    | 58,5                             | 14,1       | 175,7                               | 21,7                            |
|                       | всього                             | 403,3                          | 50,0                     | 18,38    | 59,62                            | 19,3       | 240,4                               | 29,8                            |
| <b>XII</b>            | <b>Фільтрування концентрата</b>    |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
|                       | Надходить                          |                                |                          |          |                                  |            |                                     |                                 |
| 19                    | Концентрат 1                       | 161,2                          | 20,0                     | 7,35     | 68,8                             | 8,91       | 111,0                               | 13,8                            |
| 23                    | Концентрат 2                       | 583,7                          | 72,4                     | 26,6     | 67,7                             | 31,73      | 395,2                               | 49,0                            |
| 30                    | Концентрат 3                       | 57,3                           | 7,1                      | 2,61     | 66                               | 3,03       | 37,7                                | 4,7                             |
| 33                    | Всього                             | 802,2                          | 99,5                     | 36,56    | 67,81                            | 43,67      | 543,9                               | 67,5                            |

Продовження табл 4.4

| № операції / продукту | Назва операції / продукту              | Продуктивність, тис тон/рік | Продуктивність, т/год | Вихід, %     | Масова частка заліза загального, % | Вилучення, % | Продуктивність по залізу, тис т/рік | Продуктивність по залізу, т/год |
|-----------------------|--|-----------------------------|-----------------------|--------------|------------------------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|
|                       | Виходить                               |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
| 35                    | Кек концентрату                        | 802,2                       | 99,5                  | 36,56        | 67,81                              | 43,67        | 543,9                               | 67,5                            |
| 34                    | Фільтрат                               |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Всього                                 | 802,2                       | 99,5                  | 36,56        | 67,81                              | 43,67        | 543,9                               | 67,5                            |
| <b>XIII</b>           | <b>Згущення хвостів</b>                |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Надходить                              |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
| 7                     | Слив згущувача                         | 11,6                        | 1,4                   | 0,53         | 40,24                              | 0,38         | 4,7                                 | 0,6                             |
| 12                    | Слив згущувача                         | 163,7                       | 20,3                  | 7,46         | 32,30                              | 4,24         | 52,8                                | 6,6                             |
| 14                    | немагнітний продукт ВІМС (хвости)      | 400,5                       | 49,7                  | 18,25        | 31,03                              | 9,97         | 124,3                               | 15,4                            |
| 17                    | Слив згущувача                         | 24,3                        | 3,1                   | 1,11         | 54,02                              | 1,07         | 13,3                                | 1,7                             |
| 28                    | Слив згущувача                         | 76                          | 9                     | 3,46         | 54,80                              | 3,34         | 41,5                                | 5,1                             |
| 36                    | Всього                                 | 676,0                       | 83,9                  | 30,81        | 35,00                              | 18,99        | 236,6                               | 29,4                            |
|                       | Виходить                               |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
| 37                    | Вода в обіг                            |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
| 38                    | Паста на складування                   | 676,0                       | 83,8                  | 30,81        | 35                                 | 18,99        | 236,5                               | 29,4                            |
|                       | <b>Всього</b>                          | <b>676,0</b>                | <b>83,8</b>           | <b>30,81</b> | <b>35</b>                          | <b>18,99</b> | <b>236,5</b>                        | <b>29,4</b>                     |
|                       | <b>Баланс продуктів</b>                |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Надходить                              |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Сира руда                              | 2194,2                      | 272,1                 | 100          | 56,77                              | 100          | 1245,7                              | 154,5                           |
|                       | Свіжа вода                             |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Всього                                 | 2194,2                      | 272,1                 | 100          | 56,77                              | 100          | 1245,7                              | 154,5                           |
|                       | Виходить                               |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Товарна продукція                      |                             |                       |              |                                    |              |                                     |                                 |
|                       | Залізорудний концентрат-1+0 мм         | 706,97                      | 87,7                  | 32,22        | 65,48                              | 37,16        | 462,9                               | 57,4                            |
|                       | Концентрат високої якості (0,071+0 мм) | 802,20                      | 99,5                  | 36,56        | 67,81                              | 43,67        | 544,0                               | 67,5                            |
|                       | Всього товарної продукції              | 1509,17                     | 187,2                 | 68,78        | 66,71                              | 80,83        | 1006,9                              | 124,9                           |
|                       | Відходи в цілому                       | 685,03                      | 84,9                  | 31,22        | 34,86                              | 19,17        | 238,8                               | 29,6                            |
|                       | Всього                                 | 2194,2                      | 272,1                 | 100          | 56,77                              | 100          | 1245,7                              | 154,5                           |

Таблиця 4.5 – Розрахунок водно-шламової схеми з доведенням концентрату гравітаційними методами

| № операції / продукту | Назва операції / продукту       | Продуктивність. тис тон/рік | Продуктивність. т/год | Зміст твердого, % | Розрідження | Обсяг води, тис м <sup>3</sup> /рік | Обсяг води, м <sup>3</sup> /год | Обсяг пульпи, м <sup>3</sup> /год |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| <b>I</b>              | <b>Грохочення по 0.074 мм</b>   |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Надходить                       |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 1                     | продукт подрібнення ВВД         | 1478,2                      | 183,3                 | 96,4              | 0,042       | 62,1                                | 7,7                             | 49,4                              |
| 5                     | Розвантаження млина             | 2587,0                      | 320,8                 | 65                | 0,538       | 1391,8                              | 172,6                           | 245,5                             |
|                       | Свіжа вода                      |                             |                       |                   |             | 8030,2                              | 995,8                           | 995,8                             |
| 2                     | Всього                          | 4065,2                      | 504,1                 | 30                | 2,333       | 9484,1                              | 1176,1                          | 1290,7                            |
|                       | Виходить                        |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 4                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм | 1478,2                      | 183,3                 | 15                | 5,667       | 8265,6                              | 1025,0                          | 1066,7                            |
| 3                     | Надрешітний продукт             | 2587,0                      | 320,8                 | 68                | 0,471       | 1218,5                              | 151,1                           | 224,0                             |
|                       | Всього                          | 4065,2                      | 504,1                 | 30                | 2,333       | 9484,1                              | 1176,1                          | 1290,7                            |
| <b>II</b>             | <b>Подрібнення</b>              |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Надходить                       |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 3                     | Надрешітний продукт             | 2587,0                      | 320,8                 | 68                | 0,471       | 1218,5                              | 151,1                           | 224,0                             |
|                       | Свіжа вода                      |                             |                       |                   |             | 173,3                               | 21,5                            | 21,5                              |
|                       | Всього                          | 2587,0                      | 320,8                 | 65                | 0,538       | 1391,8                              | 172,6                           | 245,5                             |
|                       | Виходить                        |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 5                     | Розвантаження млина             | 2587,0                      | 320,8                 | 65                | 0,538       | 1391,8                              | 172,6                           | 245,5                             |
|                       | Всього                          | 2587,0                      | 320,8                 | 65                | 0,538       | 1391,8                              | 172,6                           | 245,5                             |
| <b>III</b>            | <b>Згущення</b>                 |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 4                     | Підрешітний продукт -0.074+0 мм | 1478,2                      | 183,3                 | 15                | 5,667       | 8265,6                              | 1025,0                          | 1066,7                            |
|                       | Всього                          | 1478,2                      | 183,3                 | 15                | 5,667       | 8265,6                              | 1025,0                          | 1066,7                            |
|                       | Виходить                        |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 6                     | Піски згущувача                 | 1466,6                      | 181,9                 | 50                | 1           | 1466,6                              | 181,9                           | 223,2                             |
| 7                     | Слив згущувача                  | 11,6                        | 1,4                   | 0,17              | 591,8       | 6799,0                              | 843,1                           | 843,5                             |
|                       | Всього                          | 1478,2                      | 183,3                 | 15                | 5,667       | 8265,6                              | 1025,0                          | 1066,7                            |
| <b>IV</b>             | <b>Захисна НІМС</b>             |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Надходить                       |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 6                     | Піски згущувача                 | 1466,6                      | 181,9                 | 50                | 1           | 1466,6                              | 181,9                           | 223,2                             |
|                       | свіжа вода                      |                             |                       |                   |             | 4399,8                              | 545,6                           | 545,6                             |
|                       | Всього                          | 1466,6                      | 181,9                 | 20                | 4           | 5866,4                              | 727,5                           | 768,8                             |
|                       | Виходить                        |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 8                     | Магнітний продукт               | 77,2                        | 9,6                   | 50                | 1           | 77,2                                | 9,6                             | 11,8                              |
| 9                     | немагнітний продукт             | 1389,4                      | 172,3                 | 19,35             | 4,166       | 5789,2                              | 717,9                           | 757,1                             |
|                       | Всього                          | 1466,6                      | 181,9                 | 20                | 4           | 5866,4                              | 727,5                           | 768,8                             |

Продовження табл. 4.5

| № операції / продукту | Назва операції / продукту         | Продуктивність, тис тон/рік | Продуктивність, т/год | Вміст твердого, % | Розрідження | Обсяг води, тис м <sup>3</sup> /рік | Обсяг води, м <sup>3</sup> /води | Обсяг пульпи, м <sup>3</sup> /год |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>V</b>              | <b>Згущення</b>                   |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
|                       | Надходить                         |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
| 9                     | немагнітний продукт               | 1389,4                      | 172,3                 | 19,35             | 4,166       | 5789,2                              | 717,9                            | 757,1                             |
| 32                    | легка фракція                     | 300,4                       | 37,3                  | 12                | 7,333       | 2202,7                              | 273,2                            | 281,6                             |
| 10                    | Всього                            | 1689,8                      | 209,6                 | 17,5              | 4,729       | 7991,9                              | 991,1                            | 1038,7                            |
|                       | Виходить                          |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
| 11                    | Піски згущувача                   | 1526,1                      | 189,3                 | 50                | 1           | 1526,1                              | 189,3                            | 232,4                             |
| 12                    | Слив згущувача                    | 163,7                       | 20,3                  | 2,47              | 39,53       | 6465,8                              | 801,7                            | 806,3                             |
|                       | Всього                            | 1689,8                      | 209,6                 | 17,5              | 4,729       | 7991,9                              | 991,1                            | 1038,7                            |
| <b>VI</b>             | <b>ВІМС</b>                       |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
|                       | Надходить                         |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
| 11                    | Піски згущувача                   | 1526,1                      | 189,3                 | 50                | 1           | 1526,1                              | 189,3                            | 232,4                             |
|                       | Свіжа вода                        |                             |                       |                   |             | 2035,8                              | 252,6                            | 252,6                             |
|                       | Всього                            | 1526,1                      | 189,3                 | 29,99             | 2,334       | 3561,8                              | 441,9                            | 485,0                             |
|                       | виходить                          |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
| 13                    | Магнітний продукт ВІМС            | 1125,6                      | 139,6                 | 40                | 1,5         | 1688,4                              | 209,4                            | 241,1                             |
| 14                    | немагнітний продукт ВІМС (хвости) | 400,5                       | 49,7                  | 17,6              | 4,681       | 1873,4                              | 232,6                            | 243,9                             |
|                       | Всього                            | 1526,1                      | 189,3                 | 29,99             | 2,334       | 3561,8                              | 441,9                            | 485,0                             |
| <b>VII</b>            | <b>Знешламлювання</b>             |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
|                       | Надходить                         |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
| 13                    | Магнітний продукт ВІМС            | 1125,6                      | 139,6                 | 40                | 1,5         | 1688,4                              | 209,4                            | 241,1                             |
| 8                     | Магнітний продукт                 | 77,0                        | 9,6                   | 50                | 1           | 77,2                                | 9,6                              | 11,8                              |
| 15                    | Всього                            | 1202,6                      | 149,2                 | 40,52             | 1,467       | 1765,7                              | 219,0                            | 252,9                             |
|                       | виходить                          |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
| 16                    | Піски згущувача                   | 1178,3                      | 146,1                 | 50                | 1           | 1178,3                              | 146,1                            | 179,3                             |
| 17                    | Слив згущувача                    | 24,3                        | 3,1                   | 4,03              | 23,82       | 587,4                               | 72,8                             | 73,5                              |
|                       | Всього                            | 1202,6                      | 149,2                 | 40,52             | 1,467       | 1765,7                              | 219,0                            | 252,9                             |
| <b>VIII</b>           | <b>Основна концентрація</b>       |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
|                       | Надходить                         |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
| 16                    | Піски згущувача                   | 1178,3                      | 146,1                 | 50                | 1           | 1178,3                              | 146,1                            | 179,3                             |
| 34                    | Фільтрат                          | 0                           | 0                     | 0                 | 0           | 1244,6                              | 154,2                            | 154,2                             |
|                       | Свіжа вода                        |                             |                       |                   |             | 3171,6                              | 393,4                            | 393,5                             |
| 18                    | Всього                            | 1178,3                      | 146,1                 | 17,4              | 4,748       | 5594,5                              | 693,8                            | 727,0                             |
|                       | Виходить                          |                             |                       |                   |             |                                     |                                  |                                   |
| 19                    | Концентрат 1                      | 161,2                       | 20,0                  | 36                | 1,8         | 290,1                               | 36,0                             | 40,5                              |
| 20                    | Промпродукт                       | 705,7                       | 87,5                  | 29                | 2,4         | 1693,6                              | 210,0                            | 229,9                             |
| 21                    | Легка фракція                     | 311,4                       | 38,6                  | 8                 | 11,5        | 3610,8                              | 447,8                            | 456,5                             |
|                       | Всього                            | 1178,3                      | 146,1                 | 17,4              | 4,748       | 5594,5                              | 693,8                            | 727,0                             |

Продовження табл. 4.5.

| № операції / продукту | Назва операції / продукту          | Продуктивність. тис тон/рік | Продуктивність. т/год | Зміст твердого, % | Розрідження | Обсяг води, тис м <sup>3</sup> /рік | Обсяг води, м <sup>3</sup> /год | Обсяг пульпи, м <sup>3</sup> /год |
|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| <b>IX</b>             | <b>Промпродуктова концентрація</b> |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Надходить                          |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 20                    | Промпродукт                        | 705,7                       | 87,5                  | 29                | 2,448       | 1693,6                              | 210,0                           | 229,9                             |
| 24                    | Промпродукт пп концентрації        | 472,9                       | 58,6                  | 34                | 1,9         | 917,8                               | 113,8                           | 127,1                             |
|                       | Свіжа вода                         |                             |                       |                   |             | 356,4                               | 44,2                            | 44,2                              |
| 22                    | Всього                             | 1178,6                      | 146,1                 | 28,4              | 2,518       | 2967,7                              | 368,0                           | 401,2                             |
|                       | виходить                           |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 23                    | Концентрат 2                       | 583,7                       | 72,4                  | 38                | 1,631       | 951,9                               | 118,0                           | 134,5                             |
| 24                    | Промпродукт пп концентрації        | 472,9                       | 58,6                  | 34                | 1,941       | 917,8                               | 113,8                           | 127,1                             |
| 25                    | Легка фракція                      | 122,0                       | 15,1                  | 10                | 9           | 1098,0                              | 136,1                           | 139,6                             |
|                       | Всього                             | 1178,6                      | 146,1                 | 28,4              | 2,518       | 2967,7                              | 368,0                           | 401,2                             |
| <b>X</b>              | <b>Згущення</b>                    |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Надходить                          |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 21                    | Легка фракція                      | 311,4                       | 38,6                  | 8                 | 11,5        | 3610,8                              | 447,8                           | 456,5                             |
| 25                    | Легка фракція                      | 122,0                       | 15,1                  | 10                | 9           | 1098,0                              | 136,1                           | 139,6                             |
| 26                    | Всього                             | 433,4                       | 53,7                  | 8,48              | 10,79       | 4708,8                              | 583,9                           | 596,1                             |
|                       | виходить                           |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 27                    | Пески згущувача                    | 357,4                       | 44,3                  | 50                | 1           | 357,4                               | 44,3                            | 54,4                              |
| 28                    | Слив згущувача                     | 76                          | 9                     | 12                | 56,97       | 4351,4                              | 539,6                           | 541,7                             |
|                       | Всього                             | 433,4                       | 53,7                  | 8,48              | 10,79       | 4708,8                              | 583,9                           | 596,1                             |
| <b>XI</b>             | <b>Контрольна концентрація</b>     |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Надходить                          |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 27                    | Піски згущувача                    | 357,4                       | 44,3                  | 50                | 1           | 357,4                               | 44,3                            | 54,4                              |
| 31                    | Промпродукт кк концентрації        | 45,9                        | 5,7                   | 34                | 1,9         | 89,9                                | 11,3                            | 12,6                              |
|                       | Свіжа вода                         |                             |                       |                   |             | 1936,9                              | 240,0                           | 240,0                             |
| 29                    | Всього                             | 403,3                       | 50,0                  | 14,5              | 5,912       | 2384,3                              | 295,7                           | 307,0                             |
|                       | Виходить                           |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 30                    | Концентрат 3                       | 57,3                        | 7,0                   | 38                | 1,6         | 91,6                                | 11,2                            | 12,8                              |
| 31                    | Промпродукт кк концентрації        | 45,9                        | 5,7                   | 34                | 1,941       | 89,9                                | 11,3                            | 12,6                              |
| 32                    | Легка фракція                      | 300,4                       | 37,3                  | 12                | 7,333       | 2202,7                              | 273,2                           | 281,6                             |
|                       | Всього                             | 403,3                       | 50,0                  | 14,5              | 5,912       | 2384,3                              | 295,7                           | 307,0                             |
| <b>XII</b>            | <b>Фільтрування концентрату</b>    |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
|                       | Надходить                          |                             |                       |                   |             |                                     |                                 |                                   |
| 19                    | Концентрат 1                       | 161,2                       | 20,0                  | 36                | 1,777       | 290,1                               | 36,0                            | 40,5                              |
| 23                    | Концентрат 2                       | 583,7                       | 72,4                  | 38                | 1,631       | 951,9                               | 118,0                           | 134,5                             |
| 30                    | Концентрат 3                       | 57,3                        | 7,1                   | 38                | 1,631       | 91,6                                | 11,2                            | 12,8                              |
| 33                    | Всього                             | 802,2                       | 99,5                  | 36,9              | 1,712       | 1333,7                              | 165,3                           | 187,8                             |





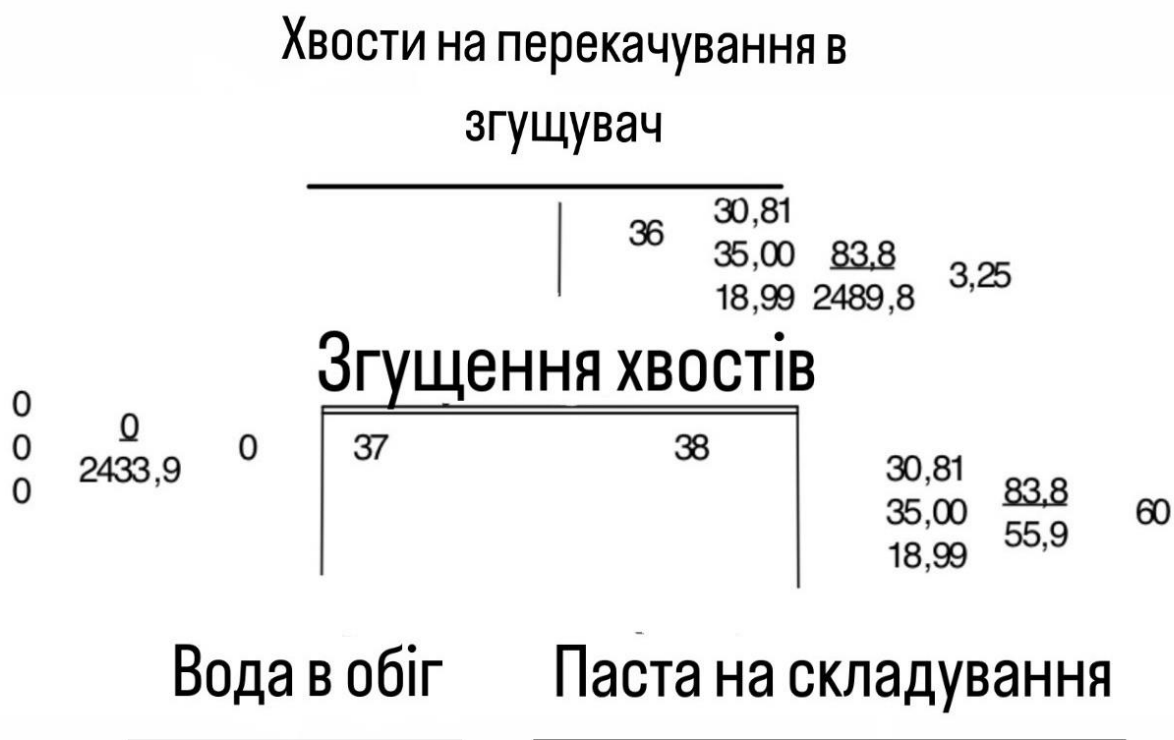


Рис.4.6 Схема згущення хвостов

Таблиця 4.6 – Технологічні показники переробки руди на ДСФ шахти «Ювілейна»

| Найменування показників                 | Значення показників |           |                 |           |
|---|---------------------|-----------|-----------------|-----------|
|   | Варіант 1           |           | Варіант 2       |           |
| 1. Річна продуктивність, тис. т:        |                     |           |                 |           |
|   | Натуральна вага     | Суха вага | Натуральна вага | Суха вага |
| по сирій руді                           | 2300,0              | 2194,2    | 2300,0          | 2194,2    |
| По залізорудному концентрату            | 741,1               | 706,97    | 741,1           | 706,97    |
| по залізовмісному концентрату           | 1085,4              | 976,86    | 891,3           | 802,2     |
| по некондиційній рудній масі (відходам) | 845,05              | 510,37    | 1136,16         | 685,03    |

Продовження табл. 4.6

| Найменування показників                                   | Значення показників |           |
|---|---------------------|-----------|
|   | Варіант 1           | Варіант 2 |
| 2. Масова частка заліза, %                                |                     |           |
| у сирій руді  | 56,77               | 56,77     |
| у залізорудному концентраті                               | 65,48               | 65,48     |
| у залізовмісному концентраті                              | 64,36               | 67,81     |
| у некондиційній масі (відходів)                           | 30,28               | 34,86     |
| 3. Вихід, %   |                     |           |
| у залізорудному концентраті                               | 32,22               | 32,22     |
| у залізовмісному концентраті                              | 44,52               | 36,56     |
| у некондиційній масі (відходів)                           | 23,26               | 31,22     |
| 4. Масова доля кремнезему, %                              |                     |           |
| у сирій руді  | 17,5                | 17,5      |
| у залізорудному концентраті                               | 5,97                | 5,97      |
| у залізовмісному концентраті                              | 7,48                | 3,25      |
| у некондиційній масі (відходів)                           | 52,66               | 46,08     |
| 5. Вилучення заліза, %                                    |                     |           |
| в залізорудний концентрат                                 | 37,16               | 37,16     |
| в залізовмісний концентрат                                | 50,48               | 43,67     |
| 6. Втрати заліза з некондиційною рудною масою (відходами) | 12,36               | 19,17     |
| 7. Вологість  |                     |           |
| руди  |                     | 4,6       |
| залізорудного концентрату                                 |                     | 4,6       |
| залізовмісного концентрату                                |                     | 10,0      |
| 8. Режим роботи   |                     |           |
| ДСФ – 1   |                     | 11,5×336  |
| ДСФ – 2 (ВВД, грохочення)                                 |                     | 3×8×336   |
| ОФ  |                     | 3×8×336   |

### 4.3. ХАРАКТЕРИСТИКА КІНЦЕВИХ ПРОДУКТІВ ЗБАГАЧЕННЯ

Результати розгорнутого хімічного аналізу залізорудного концентрату крупністю 1–0 мм наведено в таблиці 4.7. Розгорнутий хімічний аналіз залізовмісного концентрату крупністю 90–98% класу менше 0,071 мм наведено в таблицях 4.8 і 4.9.

Результати ситового аналізу товарної продукції наведено в таблиці 4.10. Результати розгорнутого хімічного аналізу некондиційної рудної маси (відходів) наведено в таблицях 4.11–4.12.

За вмістом шкідливих домішок – міді, цинку, свинцю, сірки – отриманий концентрат можна вважати чистим.

Серед легуючих домішок присутні: титан – 0,025–0,032%, марганець – 0,024–0,038%.

Таблиця 4.7 – Результати розгорнутого хімічного аналізу залізорудного концентрату крупністю 1–0 мм

| Елементи                       | Масова частка, % |
|--------------------------------|------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 5,97             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,74             |
| Fe заг                         | 65,48            |
| FeO                            | 1,83             |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 91,5             |
| CaO                            | 0,11             |
| MgO                            | 0,14             |
| K <sub>2</sub> O               | 0,05             |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,1              |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,025            |
| MnO                            | 0,024            |
| P                              | 0,015            |
| Sзаг.                          | 0,016            |
| Cl                             | 0,187            |
| CO <sub>2</sub>                | 0,054            |
| Солі, водорозч                 | 0,318            |
| Fe <sub>м</sub>                | 13,34            |
| ВПВ                            | 0,82             |

Таблиця 4.8 – Розгорнутий хімічний аналіз залізовмісного концентрату

| Елементи                       | Масова частка, % |
|--------------------------------|------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 7,48             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,07             |
| Fe заг                         | 64,36            |
| FeO                            | 2,1              |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 89,61            |
| CaO                            | 0,09             |
| MgO                            | 0,25             |
| K <sub>2</sub> O               | 0,05             |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,12             |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,032            |
| MnO                            | 0,038            |
| P                              | 0,013            |
| Sзаг.                          | 0,025            |
| Cl                             | 0,516            |
| CO <sub>2</sub>                | 0,130            |
| Солі, водорозч                 | 0,877            |
| Fe <sub>м</sub>                | 1,4              |
| ВПВ                            | 0,62             |

Таблиця 4.9 – Розгорнутий хімічний аналіз залізовмісного концентрату високої якості

| Елементи                       | Масова частка, % |
|--------------------------------|------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 3,25             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,07             |
| Fe заг                         | 67,81            |
| FeO                            | 1,1              |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 95,65            |
| CaO                            | 0,11             |
| MgO                            | 0,15             |
| K <sub>2</sub> O               | 0,05             |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,07             |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,028            |
| MnO                            | 0,027            |
| P                              | 0,011            |
| Sзаг.                          | 0,022            |
| Cl                             | 0,32             |
| CO <sub>2</sub>                | 0,116            |
| Солі водорозч                  | 0,554            |
| Fe <sub>м</sub>                | 4,79             |
| ВПВ                            | 0,45             |

Таблиця 4.10 – Ситовий аналіз товарної продукції, %

| Клас крупності, мм | Залізорудний концентрат (1-0 мм) | Залізовмісний концентрат 64+ (0,071-0 мм) | Залізовмісний концентрат 67+ (0,071-0 мм) |
|--------------------|----------------------------------|---|---|
| +1                 | 5,84                             |   |   |
| -1+0,5             | 14,46                            |   |   |
| -0,5+0,25          | 53,57                            |   |   |
| -0,26+0,16         | 22,07                            |   |   |
| -0,16+0,071        | 1,42                             | 6,11                                      | 3,22                                      |
| -0,071+0,05        | 0,49                             | 56,11                                     | 66,74                                     |
| -0,05+0            | 2,15                             | 37,78                                     | 30,04                                     |
| Всього             | 100                              | 100                                       | 100                                       |

Таблиця 4.11 – Розгорнутий хімічний аналіз некондиційної рудної маси

| Елементи                       | Масова частка, % |
|--------------------------------|------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 52,66            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,2              |
| Fe заг                         | 30,28            |
| FeO                            | 3,2              |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 39,7             |
| CaO                            | 0,47             |
| MgO                            | 0,34             |
| K <sub>2</sub> O               | 0,07             |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,1              |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,042            |
| MnO                            | 0,035            |
| P                              | 0,021            |
| Sзаг.                          | 0,06             |
| Cl                             | 0,605            |
| CO <sub>2</sub>                | 0,201            |
| Солі водорозч                  | 1,028            |
| Fe <sub>м</sub>                | 0,8              |
| ВПВ                            | 1,38             |

Таблиця 4.12 — Розгорнутий хімічний аналіз некондиційної рудної маси, отриманої за варіантом 2

| Елементи                       | Масова частка, % |
|--------------------------------|------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 46,08            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,0              |
| Fe заг                         | 34,86            |
| FeO                            | 4,4              |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 44,92            |
| CaO                            | 0,21             |
| MgO                            | 0,25             |
| K <sub>2</sub> O               | 0,05             |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,12             |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,032            |
| MnO                            | 0,045            |
| P                              | 0,021            |
| Sзаг.                          | 0,05             |
| Cl                             | 0,481            |
| CO <sub>2</sub>                | 0,818            |
| Солі водорозч                  | 0,816            |
| Fe <sub>м</sub>                | 1,59             |
| впв                            | 0,73             |

Таблиця 4.13 – Ситовий аналіз некондиційної рудної маси, %

| Клас крупності, мм | Відвал (1-0 мм) | Хвости у вигляді пасти (варіант 1) | Хвост у вигляді пасти (варіант 2) |
|--------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| +40                | 2,0             |                                    |                                   |
| -40+30             | 50,0            |                                    |                                   |
| -30+20             | 46,5            |                                    |                                   |
| -20+0              | 1,5             |                                    |                                   |
|                    |                 |                                    |                                   |
| -0,16+0,071        |                 | 2,78                               | 7,07                              |
| -0,071+0,05        |                 | 35,29                              | 28,06                             |
| -0,05+0            |                 | 61,93                              | 64,87                             |
| Всього             | 100             | 100                                | 100                               |

Результати мінералогічного аналізу кінцевих продуктів збагачення наведені в таблицях 4.14–4.15. Опис продуктів подано нижче.

**Залізорудний концентрат крупністю 1–0 мм.** Концентрат складається (табл. 12.8) переважно з мартиту, кількість дисперсного гематиту трохи перевищує 20,0 об.%. Вміст магнетиту та інших мінералів є незначним. Вміст кварцу не перевищує 6,0 об.%; у верхніх (+0,5 та -0,5+0,25 мм) і нижніх (-0,071+0,05 та -0,05 мм) класах крупності вміст кварцу більший порівняно із середніми класами (-0,25+0,1 та 0,1+0,071 мм).

Найвищий вміст мартиту (близько 70,0 об.%) спостерігається у класах крупності  $-0,25+0,1$ ;  $-0,1+0,071$  і  $-0,071+0,05$  мм; найменший – у класі  $-0,05$  мм.

Характер розподілу дисперсного гематиту за класами крупності такий: від верхніх класів вміст цього різновиду гематиту знижується, досягаючи мінімуму – 19,6 об.%, а у нижньому класі кількість дисперсного гематиту найбільша – близько 25,0 об.%

Результати мінералогічного аналізу залізорудних концентратів крупністю 90–98% класу менше 0,071 мм і некондиційної рудної маси, отриманих за варіантами 1 і 2, наведені в таблиці 12.9.

**Залізорудний концентрат крупністю 90–98% класу менше 0,071 мм, отриманий за технологією магнітного збагачення руди (варіант 1).** Складається переважно з мартиту (близько 74,0 об.%). Вміст дисперсного гематиту трохи перевищує 14,0 об.%. Кількість магнетиту становить 1,9 об.%. Вміст поллютантних (засмічуючих) мінералів – кварцу та інших – не перевищує 10,0 об.%.  
**Некондиційна рудна маса, отримана за схемою варіанта 1.** Складається переважно з кварцу та дисперсного гематиту – близько 51,0 і 30,0 об.% відповідно. Вміст мартиту не перевищує 6,0 об.%. Кількість магнетиту становить близько 3,0 об.%. Вміст інших мінералів близько 10,0 об.%.  
**Залізорудний концентрат крупністю 90–98% класу менше 0,071 мм, отриманий за гравітаційно-магнітною технологією збагачення руди (варіант 2).** Складається переважно з мартиту (близько 83,0 об.%). Вміст дисперсного гематиту трохи перевищує 10,0 об.%. Кількість магнетиту становить 1,3 об.%. Вміст поллютантних мінералів не перевищує 5,0 об.%. Порівняно з концентратом варіанта 1, характеризується більшим вмістом мартиту та меншим вмістом інших мінералів.  
**Некондиційна рудна маса, отримана за схемою варіанта 2.** Складається переважно з кварцу та дисперсного гематиту – близько 45,0 і 29,0 об.% відповідно. Вміст мартиту трохи перевищує 14,0 об.%. Решта припадає на магнетит та інші мінерали. Порівняно з некондиційною рудною масою варіанта 1, характеризується меншим вмістом кварцу та дисперсного гематиту, більшим вмістом мартиту, а також близькими значеннями вмісту магнетиту та інших мінералів.

Таблиця 4.14 – Мінеральний склад залізорудного концентрату крупністю 1–0 мм, об.%

| Клас крупності, мм             | Вихід, %     | Мінерали         |             |            |            |            | Всього       |
|--------------------------------|--------------|------------------|-------------|------------|------------|------------|--------------|
|                                |              | гематит          |             | магнетит   | кварц      | інші       |              |
|                                |              | мартит+<br>ж.сл. | дисп.гем.   |            |            |            |              |
| 1                              | 2            | 3                | 4           | 5          | 6          | 7          | 8            |
| +0,5                           | 28,1         | 68,0             | 22,3        | 1,3        | 6,3        | 2,1        | 100,0        |
| -0,5+0,25                      | 16,2         | 68,5             | 22,1        | 1,1        | 5,4        | 2,9        | 100,0        |
| -0,25+0,1                      | 7,7          | 69,6             | 21,4        | 0,9        | 4,4        | 3,7        | 100,0        |
| -0,1+0,071                     | 16,2         | 70,3             | 20,3        | 1,4        | 4,1        | 3,9        | 100,0        |
| -0,071+0,05                    | 15,1         | 69,8             | 19,6        | 1,2        | 5,3        | 4,1        | 100,0        |
| -0,05+0,0                      | 16,7         | 63,2             | 25,3        | 1,1        | 6,1        | 4,3        | 100,0        |
| <b>В общем для концентрата</b> | <b>100,0</b> | <b>68,0</b>      | <b>22,0</b> | <b>1,2</b> | <b>5,5</b> | <b>3,3</b> | <b>100,0</b> |

Таблиця 4.15 – Мінеральний склад залізорудного концентрату крупністю 90-98% класу мінус 0,071 та некондиційної рудної маси, об.%

| Клас крупності, мм                  | Вихід, % | Мінерали          |               |          |       |      | Всього |
|-------------------------------------|----------|-------------------|---------------|----------|-------|------|--------|
|                                     |          | гематит           |               | магнетит | кварц | інші |        |
|                                     |          | мартит +<br>ж.сл. | дисп.ге<br>м. |          |       |      |        |
| 1                                   | 2        | 3                 | 4             | 5        | 6     | 7    | 8      |
| варіант 1                           |          |                   |               |          |       |      |        |
| залізорудний концентрат             | 66,08    | 73,9              | 14,4          | 1,9      | 7,1   | 2,7  | 100,0  |
| Некондиційні рудні маси             | 33,92    | 5,5               | 30,3          | 3,1      | 51,3  | 9,8  | 100,0  |
| Загалом для продукту дроблення ВВД  | 100,00   | 50,7              | 19,8          | 2,3      | 22,1  | 5,1  | 100,0  |
| варіант 2                           |          |                   |               |          |       |      |        |
| залізорудний концентрат             | 53,94    | 83,3              | 10,4          | 1,3      | 2,9   | 2,1  | 100,0  |
| Некондиційні рудні маси             | 46,06    | 14,1              | 28,6          | 3,9      | 45,3  | 8,1  | 100,0  |
| Загалом, для продукту дроблення ВВД | 100,00   | 51,4              | 18,8          | 2,5      | 22,4  | 4,9  | 100,0  |



#### 4.4. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Розрахункова годинна продуктивність ДСК за сирою рудою становить 595,2 т/год, руда м'яка ( $f=10$ ), вологість 5%, без глинистих включень,  $D_{\max} = 400$  мм, об'ємна густина становить  $3750$  кг/м<sup>3</sup>, істинна густина –  $4440$  кг/м<sup>3</sup>, насипна вага у крупності 5–0 мм  $\delta = 2,3$  т/м<sup>3</sup>. Схема ланцюга апаратів діючого обладнання наведена на рис. 4.7.

Схема ланцюга апаратів нового обладнання представлена на рис. 4.8. Перелік необхідного обладнання за запропонованими варіантами наведено в таблиці 4.16.

Відповідно до чинної на даний момент схеми ланцюга апаратів, видобута руда крупністю 0–400 мм подається скіповим підйомником у приймальний бункер надшахтної будівлі (див. рис. 4.7).

Руда з приймального бункера пластинчастим живильником № 1 (2-18-60) подається на конвеєр ЛК-1, що транспортує руду до дробильного корпусу.

У дробильному корпусі руда розподіляється на два грохоти ГІТ-72. Підрешітний продукт грохотів надходить на конвеєр ЛК-2, який транспортує руду до перевантажувального вузла № 3.

Надрешітний продукт грохотів ГІТ-72 подається на дроблення у дробарки КСД-2200. Подрібнений продукт вивантажується на стрічковий конвеєр ЛК-3, який транспортує руду до перевантажувального вузла № 3.

У перевантажувальному вузлі № 3 здійснюється розподіл вантажопотоків продуктів переробки дробильного корпусу для подальшого транспортування.

З конвеєра ЛК-3 подрібнена руда (100–0 мм) повертається у дробильний корпус на другу стадію грохотіння (3 грохоти ГІТ-52).

Підрешітні продукти грохотів ГІТ-72 і ГІТ-52 передаються з перевантажувального вузла № 3 конвеєром ЛК-1МС у розподільчі бункери корпусу сухої магнітної сепарації, де встановлені магнітні сепаратори ПБС 90/210-5500 (4 шт).

З конвеєра ЛК-2а надрешітний продукт грохотів ГІТ-52 передається на конвеєр ЛК-8 і далі конвеєрами ЛК-17 і ЛК-19 у бункер прийому матеріалу перед дробленням у дробарках КМДТ 2200 (1 шт) до крупності 40–0 мм.

#### ***Запропоновані рішення:***

1. Розвантаження КМДТ 2200 системою конвеєрів направляється на попереднє грохотіння на грохоти ГІТ-52 (2 шт) для виділення перед відцентровими дробарками ДВЦ 1,6 відсіву крупністю 10–0 мм, який спрямовується на склад перед дробленням у дробарках НРGR (вальці високого тиску).

2. Продукт крупністю -40+10 мм системою конвеєрів подається у бункер живлення відцентрової дробарки ДВЦ 1,6 (1 шт).

3. Розвантаження ДВЦ 1,6 системою конвеєрів подається на грохот ГІТ-52 (2 шт) з виділенням відвального продукту крупністю +20 мм. Фракція -20+10 мм повертається у дробарку ДВЦ 1,6, а фракція -10+0 мм – на склад перед дробленням у дробарках НРGR (вальці високого тиску).

4. Магнітний продукт сухої магнітної сепарації системою конвеєрів спрямовується в бункер перед високочастотним грохотінням аглоруди А60 за граничним зерном 1 мм.

5. Високочастотне грохотіння на вібраційному полігармонійному гравітаційному сепараторі (ВПГС-5М) (фірми «Механомонтаж») (7 шт. – 4 основних + 3 резервних) із вилученням залізозмісного концентрату крупністю 1–0 мм.

6. Підрешітний продукт усіх ВПГС (менше 1 мм) через перевантажувальний вузол транспортується конвеєрами на прирейковий склад готової продукції.

7. Немагнітні продукти СМС і продукти розсіву (фракції крупністю -10+0 мм і -20+1 мм) системою конвеєрів спрямовуються на склад перед дробленням у дробарках НРGR (вальці високого тиску).

8. Дроблення матеріалу до крупності -2 (1,6)+0 мм у дробарках НРGR (вальці високого тиску), що працюють у замкненому циклі з грохотами.

В операції контрольного грохотіння для установки використовуються одностипні грохоти ГІТ-52 (загальна кількість – 4 шт.). Номінальне питоме навантаження на одиницю ситової поверхні при грохотінні на сітці  $a = 10,0$  мм та ефективності  $E = 80\%$  становитиме  $q = 19 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ .

При ефективності грохотіння  $E = 80\%$  вихід продукту крупністю 10–0 мм складе  $\gamma = 43,75 \times 0,8 = 35\%$  від операції або 3,65% від вихідного.

Результати розрахунків дробильно-сортувального обладнання добре узгоджуються з практикою роботи шахти «Ювілейна» ПрАТ «Суша Балка».

Реконструкція існуючої дробильно-сортувальної фабрики може бути здійснена за рахунок впровадження у схему дробарок компанії «Metso minerals».

На основі розрахунку схеми дроблення та аналізу роботи чинних підприємств Замовнику можуть бути рекомендовані два варіанти вибору дробильного обладнання:

1. Використання у схемі шоккових дробарок, які забезпечують зменшення крупності вихідної руди з 400–0 мм до 150–0 мм.

2. Використання технології та обладнання компанії «Metso minerals», що дозволяє отримати подрібнений продукт з кінцевою крупністю 10–0 мм. Перелік необхідного обладнання за запропонованими варіантами наведено в таблиці 4.16.

Схема цепи аппаратов ДСФ шахты "Юбилейная" при работе в режиме полного дробления (измельчения) и сухой магнитной сепарации (используемое оборудование затушевано)

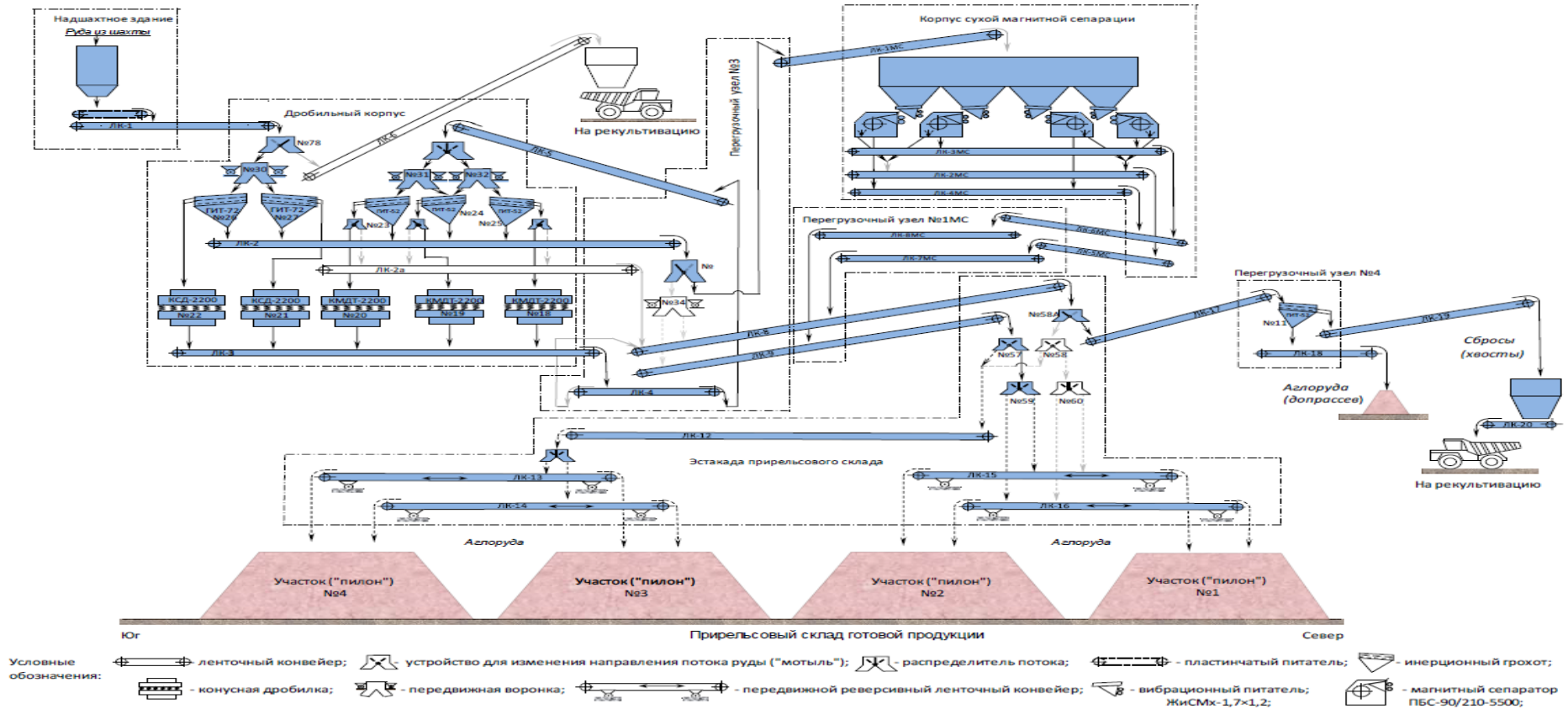


Рис. 4.7. Схема кола апаратів діючого обладнання ш. Ювілейна ПрАТ «Суша Балка»

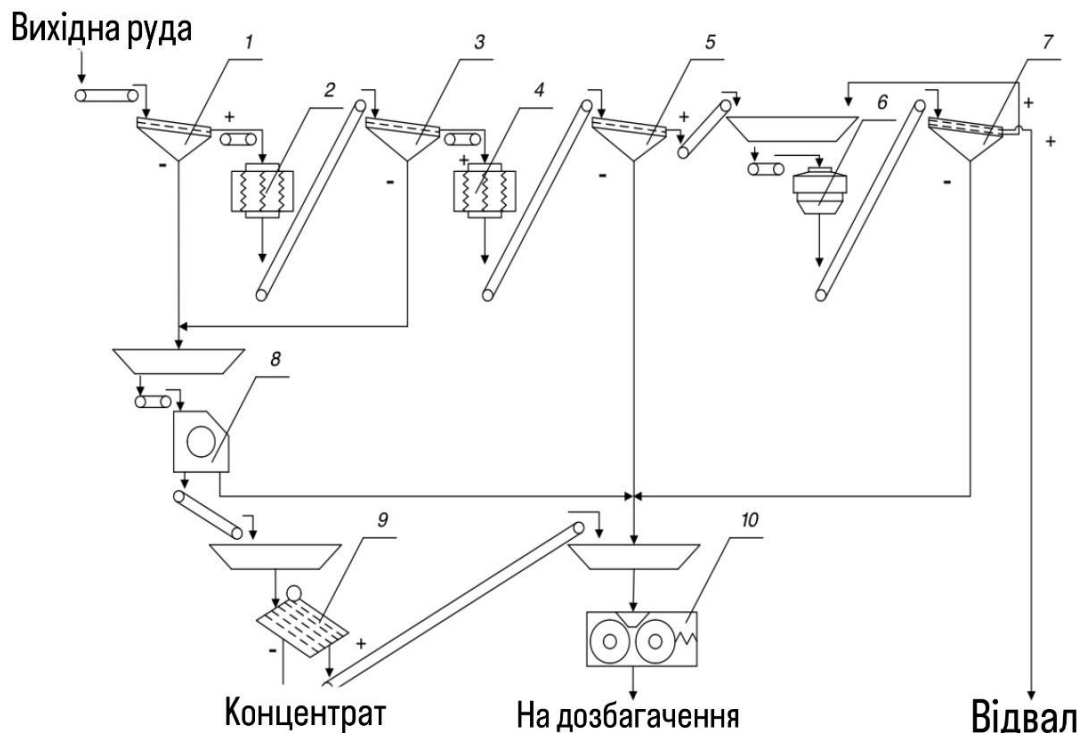


Рис. 4.8. Схема ланцюга апаратів основного обладнання (з урахуванням резерву) для технології переробки руди на дробильно-сортувальному комплексі:

1 - гуркіт ГІТ 72 (2 шт); 2 - дробарка КСД 2200 - 2 шт; 3 - гуркіт ГІТ 52 (2 шт); 4 - дробарка КМДТ 2200 (2 шт); 5 - гуркіт ГІТ 52 (2 шт); 6 - дробарка ДВЦ 1,6; 7 - гуркіт ГІТ 52 (2 шт); 8 - магнітний сепаратор ПБС 90/210-5500 (4шт); 9 - вібраційний полігармонічний гравітаційний сепаратор (ВПГС-5М) (7 шт); 10 - дробарка HPGR (валки високого тиску) (1 шт)

**Суша магнітна сепарація**

Приймаємо до встановлення 4 сепаратори ПБС 90/210-5500 виробництва НВФ «Продекологія» (м. Рівне).

**Дроблення у відцентрових дробарках**

Приймаємо до встановлення 1 дробарку ДВЦ 1,6 виробництва ТОВ «Укрпроммінерал» (м. Дніпро) або 1 дробарку Barmac 7150 SE («Metso Minerals»).

**Грохотіння на вібраційному полігармонійному гравітаційному сепараторі (ВПГС-5М)**

Приймаємо до встановлення 4 основних агрегати ВПГС-5М та 3 резервних агрегати ВПГС-5М виробництва фірми «Механомонтаж» (м. Кривий Ріг).

**Дроблення у дробарках HPGR (вальці високого тиску)**

Вибір обладнання здійснено на основі досвіду та аналізу досліджень матеріалу руд Полтавського ГЗК та Єристівського ГЗК, а також консультацій із представниками компанії. Для встановлення прийнята дробарка HPGR RPP5-120/120 (1 шт). Продуктивність дробарки за свіжим живленням становить 200 т/год. Дроблення здійснюється в замкнутому циклі. Циркуляція відбувається за граничним зерном 2 мм і становить 150%. Максимальна пропускна здатність дробарки – 500 т/год. Для здійснення замкнутого циклу передбачається встановлення вібраційного грохота SLG. Для остаточного вибору дробарки HPGR при будівництві комплексу необхідно провести тестові випробування безпосередньо в компанії Weir Minerals Netherlands b.v..

Таблиця 4.16– Вибір та розрахунок основного технологічного обладнання для дроблення та грохочення

| № з.п.                                       | Операції технологічної схеми                                 | Кількість матеріалу, т/год | Крупність матеріалу, мм | Рекомендоване обладнання | Допустима наважка, т/час, м <sup>3</sup> /год |                             | Розрахункова кількість одиниць обладнання, штук (раб+рез) |
|--|--|----------------------------|-------------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---|
|  |  |                            |                         |                          | паспортна                                     | Розрахункова за схемою      |   |
| Варіант 1 (З урахуванням діючого обладнання) |  |                            |                         |                          |   |                             |   |
| 1  | Грохочення I стадія  | 567,86                     | 400-0                   | ГИТ-72                   | 500 м <sup>3</sup> /час                       | 270,5 м <sup>3</sup> /год   | 1+1   |
| 2  | Дроблення I стадія   | 118,46                     | 400-20                  | КСД-2200                 | 340-580 м <sup>3</sup> /час                   | 56,5 м <sup>3</sup> /год    | 1+1   |
| 3  | Грохочення II стадія   | 118,46                     | 100-0                   | ГИТ-52                   | 380 м <sup>3</sup> /час                       | 56,5 м <sup>3</sup> /год    | 1+1   |
| 4  | Дроблення II стадія  | 59,23                      | 100-20                  | КМДТ-2200                | 160-200 м <sup>3</sup> /час                   | 28,2 м <sup>3</sup> /год    | 1+1   |
| 5  | Грохочення III стадія  | 59,23                      | 40-0                    | ГИТ-52                   | 380 м <sup>3</sup> /час                       | 28,2 м <sup>3</sup> /год    | 1+1   |
| 6  | Дроблення в відцентровій дробарці (з урахуванням циркуляції) | 43,67                      | 40-10                   | ДВЦ 1,6                  | 150-300 т/час                                 | 43,67 т/год                 | 1   |
| 7  | Грохочення IV  | 43,67                      | 40-0                    | ГИТ-52                   | 380 м <sup>3</sup> /час                       | 20,8 м <sup>3</sup> /год    | 1+1   |
| 8  | Суша магнітна сепарація                                      | 449,4                      | 20-0                    | ПБС 90/210-5500          | 120-150 т/час                                 | 112,3 т/год                 | 4   |
| 9  | Грохочення на ВПГС-5М  | 192,24                     | 20-0                    | ВПГС-5М                  | 60 т/час                                      | 50,38 т/год                 | 4+3   |
| 10   | Дроблення III стадія (з урахуванням циркуляції)              | 183,31<br>(458,29 т/час)   | 20-0                    | HPGR RPP5-120/120        | 200 - 500 т/час                               | 183,31<br>(458,29)<br>т/год | 1   |
| 11   | Грохочення V після HPGR                                      | 458,29                     | 5-0                     | Віброгрохот SLG          | до 3000 т/час                                 | 458,29 т/год                | 1   |

Продовження табл. 4.16

| № з.п.   | Операції технологічної схеми                                 | Кількість матеріалу, т/год | Крупність матеріалу, мм | Рекомендоване обладнання | Допустиме навантаження, т/год, м <sup>3</sup> /год |                             | Розрахункова кількість одиниць обладнання, штук (раб+рез) |
|--|--|----------------------------|-------------------------|--------------------------|--|-----------------------------|---|
|  |  |                            |                         |                          | паспортна  | Розрахункова за схемою      |   |
| Варіант 2. Варіант з використанням обладнання фірми «Metso minerals» з використанням щоккових дробарок |  |                            |                         |                          |  |                             |   |
| 1  | Грохочення I стадія  | 567,86                     | 400-0                   | Грохот CVB403P           |  |                             | 1   |
| 2  | Дроблення I стадія   | 61                         | 400-200                 | Щокова дробарка C80      |  |                             | 1   |
| 3  | Дроблення II стадія  | 189                        | 100-0                   | Конусна дробарка GP200S  |  |                             | 1   |
| 4  | Грохочення I стадія  | 189                        | 100-0                   | Грохот CVB202            |  |                             | 1   |
| 5  | Дроблення III стадія   | 118                        | 100-20                  | Дробарка HP200           |  |                             | 1   |
| 6  | Грохочення III стадія  | 118                        | 40-0                    | Грохот CVB202            |  |                             | 1   |
| 7  | Дроблення у відцентровій дробарці (з урахуванням циркуляції) | 118                        | 40-10                   | Дробарка Вармас7150SE    |  |                             | 1   |
| 8  | Грохочення IV  | 113                        | 40-0                    | Грохот CVB202            |  |                             | 1   |
| 9  | Суша магнітна сепарація                                      | 449,4                      | 20-0                    | ПБС 90/210-5500          | 120-150 т/час                                      | 112,3 т/час                 | 4   |
| 10   | Грохочення на ВПГС-5М  | 192,24                     | 20-0                    | ВПГС-5М                  | 60 т/час   | 50,38 т/час                 | 4+3   |
| 11   | Дроблення III стадія (з урахуванням циркуляції)              | 183,31<br>(458,29 т/час)   | 20-0                    | HPGR RPP5-120/120        | 200 - 500 т/час                                    | 183,31<br>(458,29)<br>т/час | 1   |
| 12   | Грохочення V після HPGR                                      | 458,29                     | 5-0                     | Віброгрохот SLG          | до 3000 т/час                                      | 458,29 т/час                | 1   |

Продовження табл. 4.16

| № з.п.   | Операції технологічної схеми                                 | Кількість матеріалу, т/год | Кількість матеріалу, мм | Рекомендоване обладнання | Допустиме навантаження, т/год, м <sup>3</sup> /год |                             | Розрахункова кількість одиниць обладнання, штук (раб+рез) |
|--|--|----------------------------|-------------------------|--------------------------|--|-----------------------------|---|
|  |  |                            |                         |                          | Паспортна  | Розрахункова за схемою      |   |
| Варіант 3. Варіант з використанням обладнання фірми «Metso minerals» |  |                            |                         |                          |  |                             |   |
| 1  | Грохочення I стадія  | 567,86                     | 400-0                   | Грохот CVB402P           |  |                             | 1   |
| 2  | Дроблення I стадія   | 191                        | 400-20                  | дробарка GP500S          |  |                             | 1   |
| 3  | Грохочення II стадія   | 191                        | 100-0                   | Грохот CVB202            |  |                             | 1   |
| 4  | Дроблення II стадія  | 130                        | 100-20                  | Дробарка HP200           |  |                             | 1   |
| 5  | Грохочення III стадія  | 130                        | 40-0                    | Грохот CVB202            |  |                             | 1   |
| 6  | Дроблення в відцентровій дробарки (з урахуванням циркуляції) | 141                        | 40-10                   | Дробарка Varmac7150SE    |  |                             | 1   |
| 7  | Грохочення IV  | 141                        | 40-0                    | Грохот CVB202            |  |                             | 1   |
| 8  | Суша магнітна сепарація                                      | 533,2                      | 20-0                    | ПБС 90/210-5500          | 120-150 т/час                                      | 112,3 т/час                 | 4   |
| 9  | Грохочення на ВПГС-5М  | 201,5                      | 20-0                    | ВПГС-5М                  | 60 т/час   | 50,38 т/час                 | 4+3   |
| 10   | Дроблення III стадія (з урахуванням циркуляції)              | 199,2<br>(498 т/час)       | 20-0                    | HPGR RPP5-120/120        | 200 - 500 т/час                                    | 183,31<br>(458,29)<br>т/час | 1   |
| 11   | Грохочення V після HPGR                                      | 119,2                      | 5-0                     | Віброгрохот SLG          | до 3000 т/час                                      | 458,29 т/час                | 1   |



Вибір обладнання для подрібнення

Порівняння подрібнюваності руди шахти «Ювілейна» та окисленої руди 4-го залізничного горизонту НКГЗК до 75% класу  $-0,071+0$  мм проводилося за даними Саліщевої (1978). За результатами порівняння подрібнюваності були розраховані коефіцієнти відносної подрібнюваності для I стадії подрібнення (розділ 5).

При випробуваннях у напівпромислових умовах, виходячи з питомих навантажень, визначених у лабораторних умовах, продуктивність млина МШ-АПМ-900×1800 ЦРМ22 (об'ємом  $0,9 \text{ м}^3$ ) за свіжим живленням становила: -для некондиційної руди –  $241,56 \text{ кг/год}$ , - для аглоруди А56 –  $292,65 \text{ кг/год}$ , -для аглоруди А60 –  $343,74 \text{ кг/год}$ . Питоме навантаження (середнє) при подрібненні руд від 23% класу менше  $0,074 \text{ мм}$  до 100% класу менше  $0,074 \text{ мм}$  склало: -для некондиційної руди –  $0,207 \text{ т}/(\text{м}^3 \times \text{год})$ , -для аглоруди А56 –  $0,25 \text{ т}/(\text{м}^3 \times \text{год})$ , -для аглоруди А60 –  $0,294 \text{ т}/(\text{м}^3 \times \text{год})$ .

$$K_u^q = 0,207/0,302 = 0,685 \text{ т}/(\text{м}^3 \times \text{ч}) \quad K_u^q = 0,25/0,302 = 0,828 \text{ т}/(\text{м}^3 \times \text{ч})$$

$$K_u^q = (0,685 + 0,828)/2 = 0,756 \text{ т}/(\text{м}^3 \times \text{ч})$$

Розрахункова продуктивність млина МШР-3600×4000 при подрібненні руди ПрАТ «Суша Балка» до 78% класу  $-0,071+0$  мм складе:

$$Q_{\text{пр}}^{36 \times 40} = Q_{\text{ан}}^{36 \times 40} \cdot K_{98}^q$$

$$Q_{\text{пр}}^{36 \times 40} = 96,8 \times 0,756 = 73,2 \text{ т/ч},$$

де  $Q_{\text{пр}}^{36 \times 40}$  и  $Q_{\text{ан}}^{36 \times 40}$  – продуктивність млина МШР-3600×4000 при подрібненні окислених руд відповідно ПрАТ «Суша Балка» та НКГЗК;

$K_{98}^q$  – відносна подрібнюваність при крупності подрібнення 98–100% за класом  $-0,071+0$  мм.

У результаті проведених лабораторних та напівпромислових досліджень кінетики подрібнення руд ПрАТ «Суша Балка» визначена продуктивність базового проектного млина МШР-3600×4000. Вона становить, при крупності подрібнення 98–100% за класом  $-0,071+0$  мм, відповідно  $73,2 \text{ т/год}$ .

На основі викладеного приймаємо вихідні дані для розрахунку:

1. Продуктивність фабрики за рудою –  $192,1 \text{ т/год}$ .
2. Продуктивність млина за класом  $-0,071 \text{ мм}$  –  $73,2 \text{ т/год}$ .

Кількість млинів:  $192,1 / 73,2 = 2,6$ . Приймаємо 3 млини МШР-3600×4000 об'ємом  $36 \text{ м}^3$ .

Альтернативою млину МШР-3600×4000 можуть бути вертикальні млини. Вибір обладнання здійснено на основі досвіду та аналізу досліджень матеріалу руд Полтавського ГЗК та Єриствського ГЗК. До встановлення пропонується млин VTM 1500 WB (2 шт) фірми Metso Minerals. За даними досліджень руд Полтавського ГЗК та Єриствського ГЗК продуктивність млина за свіжим живленням становить до  $202 \text{ т/год}$ . Об'єм млина –  $60 \text{ м}^3$ . Питоме навантаження за вихідним живленням –  $3,17\text{--}3,48 \text{ т}/\text{м}^3 \cdot \text{год}$ . Для остаточного вибору млина VTM 1500 WB при будівництві комплексу необхідне проведення тестових випробувань безпосередньо в компанії Metso Minerals.

Продуктивність млина МШР-3600×4000 при подрібненні окислених руд для ПрАТ «Суша Балка» та НКГЗК.

Перелік необхідного обладнання за запропонованими варіантами наведено в таблиці 13.9.

#### Вибір і розрахунок обладнання для грохочення

Для класифікації пульпи на стадії подрібнення рекомендовано використання у схемі високочастотного грохочення на вібраційному полігармонічному гравітаційному сепараторі (ВПГС-5М) (фірма «Механомонтаж») з продуктивністю за готовим класом крупності 40,0 т/год (5 дек).

Кількість ВПГС:  $504,1 / 40 = 12,6$  шт. Приймаємо до встановлення 14 одиниць, з них 4 – резервні.

Перелік необхідного обладнання за запропонованими варіантами наведено в таблиці 4.17.

#### Вибір і розрахунок основного збагачувального обладнання

Мокрі магнітні сепаратори розраховані з урахуванням практики роботи чинних залізородних комбінатів.

У технологічному процесі, як захисна операція для виділення магнетиту перед ВГМС, передбачено мокре магнітне збагачення у сепараторах ПБМ-150/200П з протиточною ванною. Це високоефективні та продуктивні сепаратори. Залежно від крупності матеріалу, їхня продуктивність коливається в межах 60–150 т/год.

Продуктивність магнітного сепаратора ПБМ становитиме:

$$Q = 60 \cdot 1 \cdot (2,0 - 0,1) = 114 \text{ т/час}$$

$$N = 181,9 / 114 = 1,6$$

Приймаємо до встановлення 2 сепаратори + 1 резервний.

Для високоградієнтної магнітної сепарації пропонуємо встановити трироторні магнітні сепаратори

6ЭРМ-35/315

$$189,3 / 60 = 3,1, \text{ шт. Приймаємо 4 сепаратори + 1 резервний.}$$

Перелік необхідного обладнання за запропонованими варіантами наведено в таблиці 4.17.

#### Вибір обладнання для зневоднення

##### Вибір обладнання для згущення

Згущення живлення сепараторів НІМС і ВІМС, а також живлення спіральних концентраторів виконується у згущувачах діаметром 12 м.

Питома продуктивність згущувача для живлення сепараторів НІМС і ВІМС – 1,72–1,74 т/м<sup>2</sup>·год. • Питома продуктивність згущувача для живлення спіральних концентраторів – 1,42 т/м<sup>2</sup>·год. Питомі продуктивності згущувачів прийнято за результатами досліджень.

Продуктивність згущувачів визначена на основі попередніх досліджень і практики роботи чинних гірничо-збагачувальних комбінатів.

Для зменшення обсягу перекачуваних хвостів і організації внутрішнього водообігу відвальні хвости магнітного збагачення зневоднюються у радіальний згущувач діаметром 50 м. На світовому ринку поширені пастові згущувачі компаній «WesTech Inc.» (США), «Outotec» (Фінляндія) та «FLSmidth» (Данія). Для отримання

чистого стоку застосовують флокулянти ПАА в кількості 60 г/т. Питома продуктивність згущувача становить 1,34 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·год. Відходи у вигляді пасти передбачається транспортувати поршневыми насосами. Пастоподібні відходи подаватимуться на висоту до 50 м із нахилом поверхні відкладень до 6%. Вода зі згущувача повертається на фабрику через систему перекачування.

#### Вибір обладнання для фільтрування

Для фільтрування тонкоподрібненого матеріалу (98% класу -0,071 мм) використовуються сучасні дискові фільтри ДУ 100 із площею фільтрації 100 м<sup>2</sup>. Питома продуктивність фільтра прийнята на рівні 0,35 т/м<sup>2</sup>·год за результатами досліджень.

У таблиці 4.17 наведено результати розрахунків і вибору обладнання для фільтрування гематитового концентрату.

На рис. 4.9 подано схеми ланцюга апаратів двох варіантів технологічної схеми глибокого збагачення руди шахти «Ювілейна» ПрАТ «Суха Балка».

Вибране обладнання відповідає сучасним вимогам, які пред'являються до техніки та технології переробки залізорудної сировини, а також до якості товарної продукції.

Перелік необхідного обладнання наведено в таблиці 4.17.

Таблиця 4.17– Вибір та розрахунок основного технологічного обладнання

| № п.п.   | Операції технологічної схеми                    | Кількість матеріалу, т/ч год, м <sup>3</sup> /год | Крупність матеріала, мм | Рекомендоване обладнання             | Допустиме навантаження, т/час, м <sup>3</sup> /ч год                             | Розрахункова кількість, штук+ резерв |
|--|---|---|-------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Збагачувальна фабрика (1 варіант)                          |   |   |                         |                                      |  |                                      |
| 1  | Розмив руди                                     | 183,3   | 2 (1,6)-0               | скруббер Мі-600 М                    | 200 т / год  | 1                                    |
| 2  | Грохочення                                      | 504,1   | 2 (1,6)-0               | ВПГС-5М                              | 40 т/год   | 14+4                                 |
| 3  | Подрібнення І стадія (з урахуванням циркуляції) | 183,3<br>(320,8)                                  | 2 (1,6)-0,071           | МШР-3600x4000                        | 73,2 т/год   | 3                                    |
| 4  | Згущення живлення НІМС                          | 1066,9м <sup>3</sup> /год<br>183,3 т/год          | 0,071-0                 | Радіальний згущувач Ц-12             | 1,74 т/ч м <sup>2</sup> по тв.<br>8,03 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу | 1                                    |
| 5  | Магнітна сепарація НІМС                         | 182,6 т/год                                       | 0,071-0                 | ПБМ -150/200П                        | 114 т/год  | 2+1                                  |
| 6  | Згущення живлення ВІМС                          | 686,6 м <sup>3</sup> /год<br>180,6 т/год          | 0,071-0                 | Радіальний згущувач Ц-12             | 1,72 т/ч м <sup>2</sup> по тв.<br>6,54 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу | 1                                    |
| 7  | Магнітна сепарація ВІМС                         | 180,37 т/год                                      | 0,071-0                 | 6ЭРМ-35/315                          | 60 т/год   | 4+1                                  |
| 8  | Фільтрування концентрату                        | 119,15 т/год                                      | 0,071-0                 | Дисковий фільтр S=100 м <sup>2</sup> | 0,35 т/м <sup>2</sup> год  | 4+1                                  |
| 9  | Згущення хвостів                                | 1564 м <sup>3</sup> /год                          | 0,071-0                 | Згущувач D=50м                       | 0,83 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> год  | 1                                    |
| Збагачувальна фабрика ( варіант с установкою VTM 1500 WB ) |   |   |                         |                                      |  |                                      |
| 1  | Розмив руди                                     | 183,3   | 2 (1,6)-0               | скруббер Мі-600 М                    | 200 т /год   | 1                                    |
| 2  | Грохочення                                      | 504,1   | 2 (1,6)-0               | ВПГС-5М                              | 40 т/год   | 14+4                                 |
| 3  | Подрібнення І стадія (з урахуванням циркуляції) | 183,3<br>(320,8)                                  | 2 (1,6)-0,071           | VTM 1500 WB                          | 99,1 т/год   | 2                                    |
| 4  | Згущення живлення НІМС                          | 1066,9м <sup>3</sup> /год<br>183,3 т/год          | 0,071-0                 | Радіальний згущувач Ц-12             | 1,74 т/ч м <sup>2</sup> по тв.<br>8,03 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу | 1                                    |
| 5  | Магнітна сепарація НІМС                         | 182,6 т/год                                       | 0,071-0                 | ПБМ -150/200П                        | 114 т/год  | 2+1                                  |

Продовження табл.4.17

| № п.п.                            | Операції технологічної схеми                               | Кількість матеріалу, т/год, м <sup>3</sup> /год | Кількість матеріалу, мм | Рекомендоване обладнання                    | Допустиме навантаження, т/год, м <sup>3</sup> /год                               | Розрахункова кількість, штук+ резерв |
|-----------------------------------|--|---|-------------------------|---|--|--------------------------------------|
| 6                                 | Згущення живлення ВІМС                                     | 686,6 м <sup>3</sup> /год<br>180,6 т/год        | 0,071-0                 | Радіальний згущувач Ц-12                    | 1,72 т/ч м <sup>2</sup> по тв.<br>6,54 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу | 1                                    |
| 7                                 | Магнітна сепарація ВМС                                     | 180,37 т/год                                    | 0,071-0                 | 6ЭРМ-35/315                                 | 60 т/год   | 4+1                                  |
| 8                                 | Фільтрування концентрату                                   | 119,15 т/год                                    | 0,071-0                 | Дисковий фільтр S=100 м <sup>2</sup>        | 0,35 т/м <sup>2</sup> год  | 4+1                                  |
| 9                                 | Згущення хвостів   | 1564 м <sup>3</sup> /год                        | 0,071-0                 | Згущувач D=50м                              | 0,83 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> год  | 1                                    |
| Збагачувальна фабрика (2 варіант) |  |   |                         |   |  |                                      |
| 1                                 | Розмив руди  | 183,3   | 2 (1,6)-0               | скруббер Mi-600 M                           | 200 т / год  | 1                                    |
| 2                                 | Грохочення   | 504,1   | 2 (1,6)-0               | ВПГС-5М                                     | 40 т/год   | 14+4                                 |
| 3                                 | Подрібнення I стадія (з урахуванням циркуляції)            | 183,3<br>(320,8)                                | 2 (1,6)-0,071           | МШР-3600x4000                               | 73,2 т/год   | 3                                    |
| 4                                 | Згущення живлення НІМС                                     | 1066,7 м <sup>3</sup> /год<br>183,3 т/год       | 0,071-0                 | Радіальний згущувач Ц-12                    | 1,75 т/ч м <sup>2</sup> по тв.<br>10,3 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу | 1                                    |
| 5                                 | Магнітна сепарація НІМС                                    | 181,9 т/год                                     | 0,071-0                 | ПБМ -150/200П                               | 114 т/год  | 2+1                                  |
| 6                                 | Згущення живлення ВІМС                                     | 1038,7 м <sup>3</sup> /год<br>209,6 т/год       | 0,071-0                 | Радіальний згущувач Ц-12                    | 2,0 т/ч м <sup>2</sup> по тв.<br>8,44 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу  | 1                                    |
| 7                                 | Магнітна сепарація ВІМС                                    | 189,3 т/год                                     | 0,071-0                 | 6ЭРМ-35/315                                 | 60 т/год   | 4+1                                  |
| 8                                 | Знешламлювання (згущення) живлення спіральних концентратів | 252,9 м <sup>3</sup> /год<br>149,2 т/год        | 0,071-0                 | Радіальний згущувач Ц-12                    | 1,42 т/ч м <sup>2</sup> по тв.<br>2,41 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу | 1                                    |
| 9                                 | Основна концентрація                                       | 146,1 т/год                                     | 0,071-0,005             | Спіральний концентратор Multotec (3 захода) | 4 т/ч на 1 захід діаметром 1 м   | 15                                   |

Продовження табл.4.17

| № п.п.  | Операції технологічної схеми                                 | Кількість матеріалу, т/год, м <sup>3</sup> /год | Крупність матеріалу, мм | Рекомендоване обладнання                    | Допустиме навантаження, т/час, м <sup>3</sup> /год                               | Розрахункова кількість, штук+ резерв |
|---|--|---|-------------------------|---|--|--------------------------------------|
| 10  | Промпродуктова концентрація                                  | 146,1 т/год                                     | 0,071-0,005             | Спіральний концентратор Multotec (3 захода) | 4 т/г на 1 заход діаметром 1   | 15                                   |
| 11  | Згущення легких фракцій                                      | 53,7 т/год<br>596,1 м <sup>3</sup> /год         | 0,071-0,01              | Радіальний згущувач Ц-12                    | 0,5 т/г м <sup>2</sup> по тв.<br>5,64 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу  | 1                                    |
| 12  | Контрольна концентрація                                      | 50 т/год  | 0,071-0,005             | Спіральний концентратор Multotec (3 захода) | 4 т/г на 1 заход діаметром 1   | 6                                    |
| 13  | Фільтрування концентрату                                     | 99,5 т/год                                      | 0,071-0                 | Дисковий фільтр S=100 м <sup>2</sup>        | 0,35 т/м <sup>2</sup>  | 3+2                                  |
|   | Згущення хвостів   | 2508,9 м <sup>3</sup> /год                      | 0,071-0                 | Згущувач D=50м                              | 1,34 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> год  | 1                                    |
| Збагачувальна фабрика ( варіант с установкою VTM 1500 WB) |  |   |                         |   |  |                                      |
| 1   | Розмив руди  | 183,3   | 2 (1,6)-0               | скруббер Mi-600 M                           | 200 т / год  | 1                                    |
| 2   | Грохочення   | 504,1   | 2 (1,6)-0               | ВПГС-5М                                     | 40 т/год   | 14+4                                 |
| 3   | Подрібнення I стадія (с урахуванням циркуляції)              | 183,3<br>(320,8)                                | 2 (1,6)-0,071           | VTM 1500 WB                                 | 99,1 т/год   | 2                                    |
| 4   | Згущення живлення НІМС                                       | 1066,7 м <sup>3</sup> /год<br>183,3 т/год       | 0,071-0                 | Ц-12<br>Радіальний згущувач                 | 1,75 т/ч м <sup>2</sup> по тв.<br>10,3 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу | 1                                    |
| 5   | Магнітна сепарація НІМС                                      | 181,9 т/год                                     | 0,071-0                 | ПБМ -150/200П                               | 114 т/год  | 2+1                                  |
| 6   | Згущення живлення ВІМС                                       | 1038,7 м <sup>3</sup> /год<br>209,6 т/год       | 0,071-0                 | Радіальний згущувач Ц-12                    | 2,0 т/ч м <sup>2</sup> по тв.<br>8,44 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу  | 1                                    |
| 7   | Магнітна сепарація ВІМС                                      | 189,3 т/год                                     | 0,071-0                 | 6ЭРМ-35/315                                 | 60 т/год   | 4+1                                  |
| 8   | Знешламлювання (згущення) живлення спіральних концентраторів | 252,9 м <sup>3</sup> /год<br>149,2 т/год        | 0,071-0                 | Радіальний згущувач Ц-12                    | 1,42 т/ч м <sup>2</sup> по тв.<br>2,41 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ч по сливу | 1                                    |

Продовження табл.4.17

| № п.п. | Операції технологічної схеми | Кількість матеріала, т/год, м <sup>3</sup> /час | Крупність матеріала, мм | Рекомендоване обладнання                    | Допустиме навантаження, т/год, м <sup>3</sup> /год                              | Розрахункова кількість, штук+ резерв |
|--------|------------------------------|---|-------------------------|---|---|--------------------------------------|
| 9      | Основна концентрація         | 146,1 т/год                                     | 0,071-0,005             | Спіральний концентратор Multotec (3 захода) | 4 т/г на 1 захід діаметром 1 м  | 15                                   |
| 10     | Промпродуктова концентрація  | 146,1 т/год                                     | 0,071-0,005             | Спіральний концентратор Multotec (3 захода) | 4 т/г на 1 захід діаметром 1  | 15                                   |
| 11     | Згушення легких фракцій      | 53,7 т/год<br>596,1 м <sup>3</sup> /год         | 0,071-0,01              | Радіальний згущувач Ц-12                    | 0,5 т/г м <sup>2</sup> по тв.<br>5,64 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> г по сливу | 1                                    |
| 12     | Контрольна концентрація      | 50 т/год  | 0,071-0,005             | Спіральний концентратор Multotec (3 захода) | 4 т/ч на 1 захід діаметром 1  | 6                                    |
| 13     | Фільтрування концентрату     | 99,5 т/год                                      | 0,071-0                 | Дисковый фільтр S=100 м <sup>2</sup>        | 0,35 т/м <sup>2</sup> год   | 3+2                                  |
| 14     | Згушення хвостів             | 2508,9 м <sup>3</sup> /год                      | 0,071-0                 | Згущувач D=50м                              | 1,34 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> год   | 1                                    |

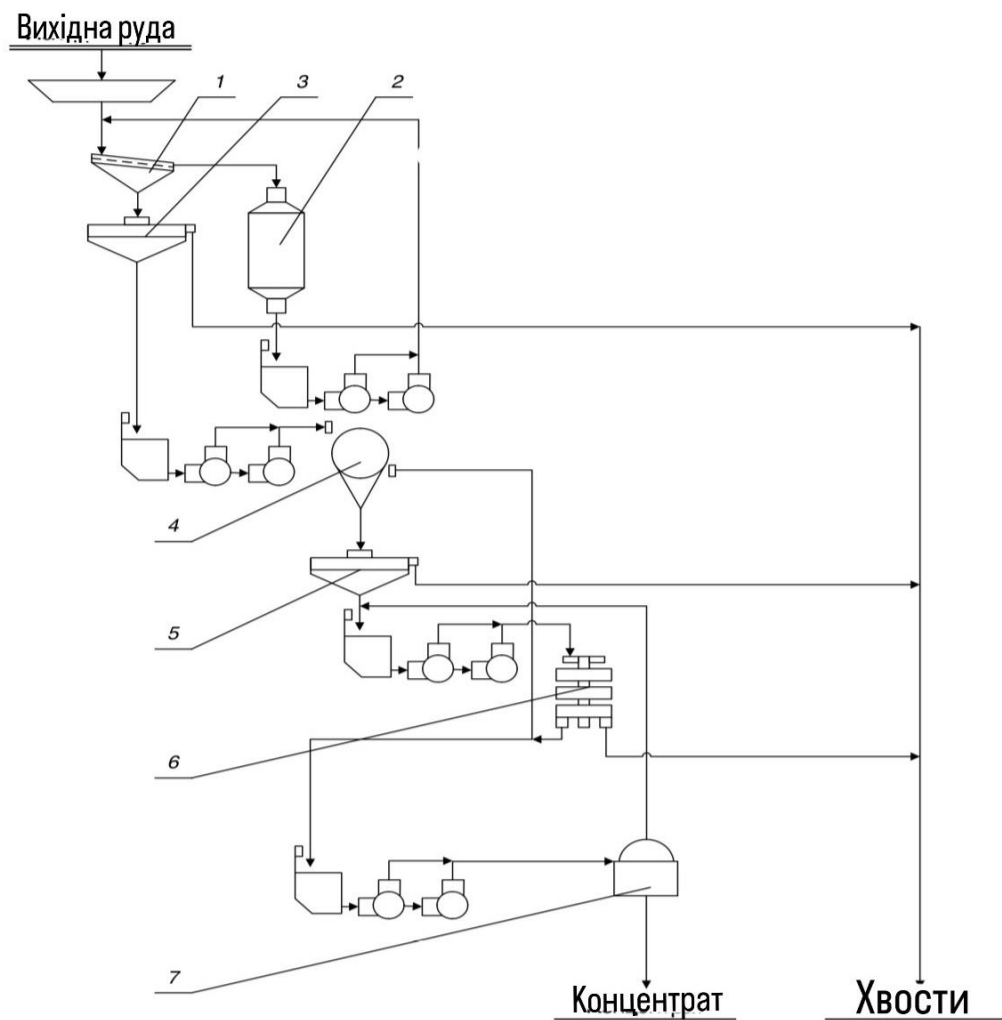


Рис. 4.9 -Схема ланцюга апаратів (з урахуванням резерву) технології мокро́го магнітного збагачення руд ш. Ювілейна ПрАТ «Суха Балка» 1-вібраційний полігармонічний гравітаційний сепаратор (ВПГС-5М) (18 шт); 2 - млин МШР 3600×4000 (3 шт); 3 - радіальний згущувач Ц12 (1 шт); 4 – магнітний сепаратор ПБМ 150/200 П (3 шт); 5 - радіальний згущувач Ц12 (1 шт); 6 – трироторийний магнітний сепаратор 6ЕРМ-35/315 (5 шт); 7 - дисковий вакуум фільтр ДУ100 (5 шт).

Руда попередньо подається в скруббер Мi-600 М (1 шт), хвости прямують на радіальний згущувач D=50м (1 шт).



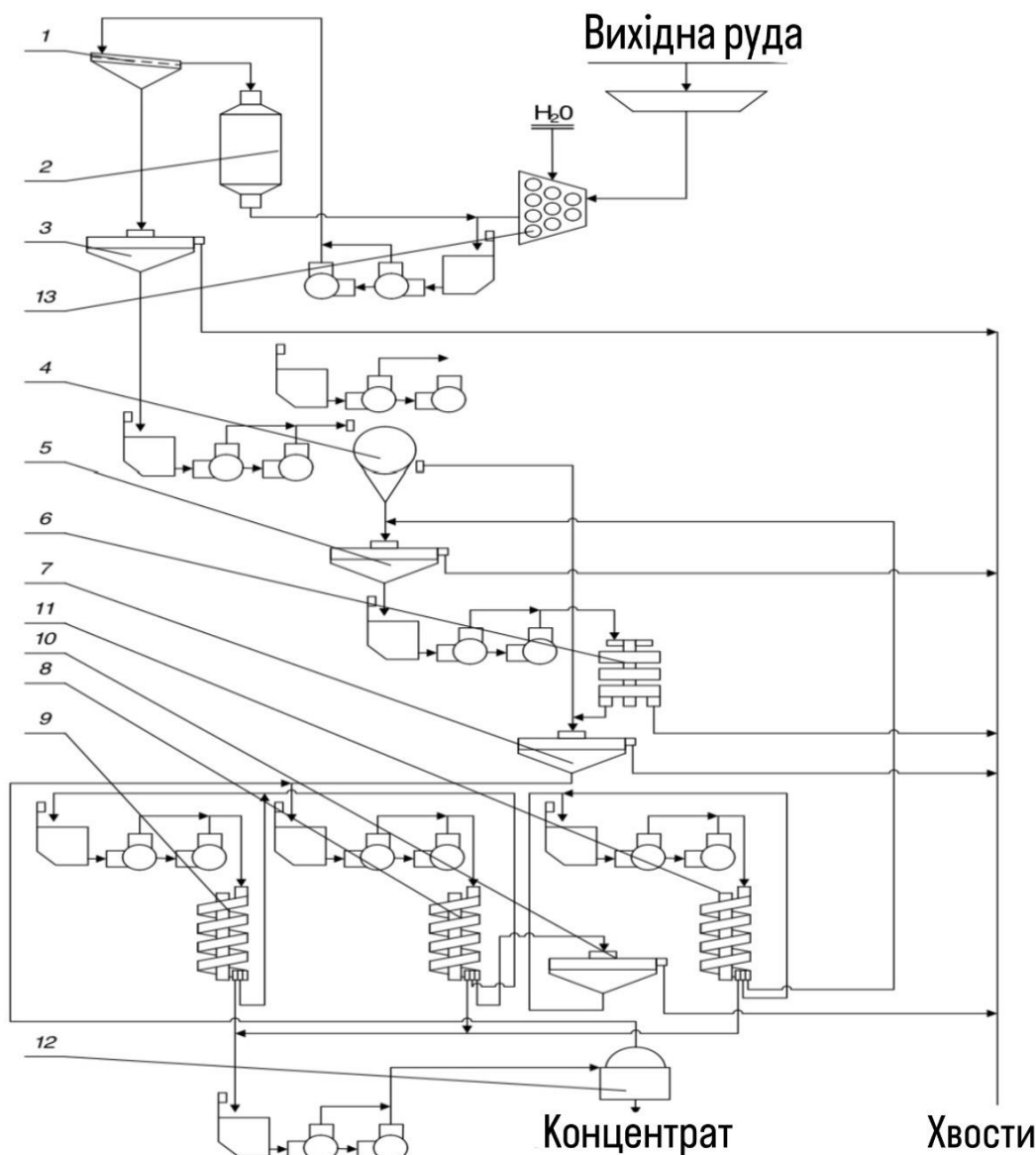


Рис. 4.10 Схема ланцюга апаратів технології мокрого магнітно-гравітаційного збагачення руд ш. Ювілейна ПрАТ «Суха Балка»

1-вібраційний полігармонічний гравітаційний сепаратор (ВПГС-5М) (18 шт); 2 - млин МШР 3600×4000 (3 шт); 3 - радіальний згущувач Ц12 (1 шт); 4 – магнітний сепаратор ПБМ 150/200 П (3 шт); 5 – радіальний згущувач Ц12 (1 шт); 6 – трироторийний магнітний сепаратор 6ЕРМ-35/315 (5 шт); 7 - радіальний згущувач Ц12 (1 шт); 8,9,11 - тризахідні спіральні концентратори Multotec (36 шт); 8 – радіальний згущувач Ц12 (1 шт); 12 – дисковий вакуум фільтр ДУ 100 (5 шт); 13 - скруббер Мі-600 М (1 шт) Хвости прямують на радіальний згущувач D=50м (1 шт).

#### 4.5 КОНСТРУКТИВНО-КОМПОНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

Дробильно-збагачувальний комплекс шахти «Ювілейна» включає два технологічних відділення:

1. Комплекс рудопідготовки.
2. Збагачувальна фабрика.

Комплекс рудопідготовки включає існуючі, реконструйовані та новозбудовані об'єкти. Технологічною схемою комплексу рудопідготовки передбачається отримання залізородного концентрату (концентрат К1) як готової продукції та промпродукту (продукт дроблення ВВД), що надходить на збагачувальну фабрику для подальшої переробки.

Також із технологічної схеми рудопідготовки виводиться некондиційний продукт крупністю 40–20 мм (хвості 1) з низьким вмістом заліза, який складається у зоні відвалу для подальшої реалізації як щебінь.

Отриманий на комплексі рудопідготовки промпродукт передається на збагачувальну фабрику стрічковим конвеєром, встановленим на конвеєрній естакаді, на відстань 200 м.

На промисловому майданчику збагачувальної фабрики розташовані новозбудовані об'єкти, призначені для розміщення обладнання технології глибокого збагачення видобутої руди шахти «Ювілейна» з отриманням концентрату з високим вмістом заліза (концентрат К2).

Некондиційним продуктом виробництва концентрату К2 є зневоднені хвості 2 крупністю 0,071–0 мм. Хвості 2 можуть використовуватися разом із пустою породою в складі рудної маси для рекультивації порушених земель, а також, за необхідності, реалізовуватися як будівельний матеріал.

Технологічне призначення:

1. Естакада конвеєрна №1;
2. Перевантажувальний вузол ПУ-01;
3. Естакада конвеєрна №2;
4. Корпус збагачення;
5. Склад куль;
6. Згущувач хвостів;
7. Пульпонасосні хвостів;
8. Станція оборотного водопостачання;
9. Аварійна ємність;
10. Ділянка приготування ПАА;
11. Галерея конвеєрна №1;
12. Перевантажувальний вузол ПУ-02;

13. Перевантажувальний вузол ПУ-03;
14. Галерея конвеєрна №2;
15. Галерея конвеєрна №3;
16. Склад концентрату №2;
17. Корпус фільтрування хвостів;
18. Естакада конвеєрна №3;
19. Склад хвостів.

Конструктивно-компоновочні рішення Конструктивно-компоновочні рішення щодо розміщення виробничих об'єктів збагачувальної фабрики представлені на кресленнях 2-1890-9101-ТХ, аркуші 16...18.

Проектовані об'єкти призначені для встановлення обладнання та технологічних конструкцій для збагачення дробленої руди згідно з проектною технологічною схемою, яка включає:

- попереднє та контрольне грохочення дробленого матеріалу за граничною крупністю 0,071 мм;
- подрібнення руди у замкнутому циклі;
- магнітне збагачення у слабкому полі матеріалу крупністю 98–100% класу менше 0,071 мм;
- магнітне збагачення немагнітного продукту у сильному магнітному полі з виділенням хвостів;
- гравітаційне збагачення магнітних продуктів з отриманням залізородного концентрату та промпродукту для доробки;
- фільтрування концентрату до залишкової вологості 10%;
- зневоднення хвостів для організації внутрішнього водообігу;
- складування та відвантаження товарного концентрату;
- складування та відвантаження сухих хвостів.

Режим роботи збагачувальної фабрики складає 336 днів на рік із роботою 24 години на добу. Чистий час роботи фабрики становить 8064 години на рік.

Продукт дроблення валків високого тиску крупністю 2–0 мм стрічковим конвеєром Р-1 доставляється у перевантажувальний вузол ПУ-01, де перекидається на похилу частину конвеєра Р-2, що транспортує рудну масу до корпусу збагачення.

### **Корпус збагачення**

Конструктивно-компоновочні рішення корпусу збагачення розроблені з урахуванням раціонального розміщення обладнання для основних технологічних процесів переробки руди та передачі продуктів операцій з максимальним використанням перепаду висот для самоплинного транспортування.

Основні конструктивно-компоновочні рішення щодо розміщення обладнання корпусу збагачення представлені на кресленнях 2-1890-9101-ТХ, аркуші 19...22.

У плані конструктивно корпус збагачення поділено на прольоти, кожен з яких вміщує обладнання, згруповане за технологічними особливостями.

У бункерному прольоті корпусу шириною 9 м встановлено ряд накопичувальних бункерів, до яких завантажується промпродукт (продукт дроблення ВВД), доставлений із комплексу рудопідготовки.

Завантаження бункерів здійснюється барабанною розвантажувальною візкою стрічкового конвеєра Р-2, горизонтальна частина якого встановлена в галереї над бункерами на позначці +22.000.

Ємність приймальних бункерів корпусу становить 2660 м<sup>3</sup>, що відповідає 30-годинному запасу за продуктивністю збагачувальної фабрики.

Розвантаження бункерів здійснюється шлюзовими живильниками на стрічковий конвеєр Р-3, встановлений на позначці +7.000, який подає рудну масу в скрубєр для інтенсивного перемішування з водою, встановлений на осі 11 на позначці 0.000.

Для ремонтного обслуговування обладнання конвеєрів передбачено встановлення електричних талей.

У зв'язку з пересипанням сухого матеріалу, бункерне відділення обладнується аспіраційною системою для відведення пилу з його поверненням у технологічний процес.

Підготовлена пульпа подається на операцію тонкого грохочення на полігармонійних вібраційних сепараторах ВПГС-5М, встановлених на позначці +14.000 у прольоті грохочення та подрібнення шириною 27 м.

Оскільки до встановлення прийнято три кульові млини МШЦ-3600х4000 і 18 вібраційних сепараторів ВПГС-5М, обладнання прольоту скомпоновано в три технологічні лінії (кожен млин працює з шістьма сепараторами ВПГС-5М).

Розвантаження скрубєра розподіляється пульподільником на три зумпфи. Із кожного зумпфа пульпа насосом подається у шестистрійний пульподільник кожної технологічної лінії, який розподіляє вихідний продукт на шість сепараторів ВПГС-5М.

Підрешітний продукт вібраційних сепараторів ВПГС-5М крупністю 98% класу менше 0,071 мм самопливом збирається у два зумпфи, звідки насосами подається на згущення у сгуститель діаметром 12 м перед подачею на магнітну сепарацію.

Надрешітний продукт сепараторів надходить у завантажувальний пристрій кожного млина самопливом, що забезпечено перепадом висоти.

Розвантаження млинів надходить у зумпфи під млинами та перекачується в пульподільник розвантаження скрубера, повертаючись на контрольне грохочення на високочастотні вібраційні сепаратори ВПГС-5М.

Для обслуговування обладнання у прольоті грохочення та подрібнення передбачено встановлення мостового електричного крану вантажопідйомністю 50 т (відмітка підкранового шляху +18.200). Ремонт млинів МШЦ-3600х4000 проводиться на місці.

У осях 1-3 організовано ремонтний майданчик. У осях 10-11 обладнується опалювальне до 18°C приміщення операторської.

Залежно від варіанту технологічної схеми збагачення розроблені проєктні рішення у двох варіантах компоновки корпусу.

Компоновка прольоту грохочення та подрібнення для обох варіантів однакова.

Для першого варіанту (магнітна схема) обладнання магнітної сепарації, згущення та фільтрації концентрату розташовано в одному прольоті шириною 27 м.

У прольоті встановлено два згущувачі діаметром 12 м, три барабанні сепаратори ПБМ-150/200П, п'ять роторних високоградієнтних сепараторів 6ЕРМ-35/315, насосне обладнання та п'ять вакуум-фільтрів ДУ-100.

Продукт, що проходить через сито високочастотного грохочення на сепараторах ВПГС-5М, надходить у приймальний пристрій першого згущувача, призначеного для відділення згущеного продукту із вмістом твердої фази 50%, який далі подається в пульподільник перед магнітними сепараторами ПБМ-150/200П, а також для скидання залишків згущувача.

Немагнітний продукт сепараторів ПБМ-150/200П перекачується у приймальний пристрій другого згущувача, призначеного для відділення згущеного продукту із вмістом твердої фази 50%, який подається в пульподільник перед роторними високоградієнтними сепараторами 6ЕРМ-35/315, а також для скидання залишків згущувача.

Скиди згустків із згущувачів самопливом направляються у зумпф, куди також потрапляють хвости сепараторів 6ЕРМ-35/315, для перекачування до згущувача хвостів діаметром 50 м, встановленого поруч із корпусом збагачення.

Магнітний продукт сепараторів ПБМ-150/200П та концентрат сепараторів 6ЕРМ-35/315 самопливом направляються у зумпф перед фільтрацією.

Обладнання для фільтрації концентрату розміщується біля ряду В корпусу збагачення. Вакуум-фільтри ДУ-100 встановлюються на відмітці +5.500. Розвантаження кеку здійснюється на стрічковий конвеєр №0-1, встановлений на відмітці +3.000, з якого концентрат із вмістом вологи 10% перевантажується на конвеєр №0-2, що транспортує відфільтрований концентрат подається до

перевантажувального вузла ПУ-02 з подальшою передачею на Склад концентрату №2.

Зовнішня сторона корпусу біля ряду В межує з приміщенням вакуумної насосної станції, де встановлено вакуум-насоси та повітрорудовки для забезпечення необхідних параметрів процесу фільтрації.

Для забезпечення самопливного транспортування продуктів технологічних операцій зумпфи з насосами передбачено у підвальній частині корпусу на відмітці -3.000.

У прольоті встановлюється мостовий електричний кран вантажопідйомністю 10 т. Ремонт великогабаритного обладнання проводиться на місці.

**Для другого варіанту** (магнітно-гравітаційна схема) обладнання магнітної сепарації, гравітаційного збагачення, згущення та фільтрації концентрату розташовується у двох прольотах шириною 27 м та 18 м.

У прольоті згущення та гравітаційного збагачення шириною 27 м встановлено чотири радіальні згущувачі діаметром 12 м, призначені для відокремлення згущеного продукту з вмістом твердої фази 50% і скидання залишків, три барабанні сепаратори ПБМ-150/200П, три установки спіральних концентраторів основної, промпродуктової та контрольної концентрації, а також насосне обладнання для гідротранспортування продуктів.

У прольоті магнітної сепарації та фільтрації шириною 18 м встановлено п'ять роторних високоградієнтних сепараторів 6ЕРМ-35/315, п'ять вакуум-фільтрів ДУ-100 та обладнання вакуумної насосної станції.

Продукт, що проходить через сито високочастотного грохочення на сепараторах ВПГС-5М, надходить у приймальний пристрій першого згущувача, згущений продукт якого передається на магнітні сепаратори ПБМ-150/200П.

Немагнітний продукт сепараторів ПБМ-150/200П перекачується у приймальний пристрій другого згущувача, згущений продукт якого надходить у пульподільник перед роторними високоградієнтними сепараторами 6ЕРМ-35/315.

На зневоднення у третій згущувач направляється магнітний продукт сепараторів ПБМ-150/200П та концентрат сепараторів 6ЕРМ-35/315.

У четвертий згущувач надходять хвости основної та промпродуктової концентрації для їх зневоднення перед подачею на спіральні концентратори контрольної концентрації, перекачуються до згущувача хвостів діаметром 50 м, встановленого поруч із корпусом збагачення.

Концентрати операцій основної, промпродуктової та контрольної концентрації самопливом направляються до зумпфа перед фільтрацією.

Обладнання для фільтрації концентрату розміщується в рядах В-Г корпусу збагачення. Вакуум-фільтри ДУ-100 встановлюються на відмітці +5.500 у два ряди. Розвантаження кеку здійснюється на стрічкові конвеєри №0-1 і №0-2, встановлені на відмітці +3.000, з яких концентрат із вмістом вологи 10% перевантажується на конвеєр №0-3, що транспортує відфільтрований концентрат до перевантажувального вузла ПУ-02 для подальшої передачі на Склад концентрату №2.

У прольоті магнітної сепарації та фільтрації поруч із вакуум-фільтрами, в окремому приміщенні, встановлено вакуум-насоси та повітрорудки для забезпечення необхідних параметрів процесу фільтрації.

Для забезпечення самопливного транспортування продуктів технологічних операцій зумпфи з насосами розташовуються у підвальної частині корпусу на відмітці -3.000.

У прольоті встановлюється мостовий електричний кран вантажопідйомністю 10 т. Ремонт великогабаритного обладнання проводиться на місці.

Оскільки процес збагачення здійснюється з використанням води, корпус виконується з опаленням до +5 °С, передбачено змивання підлоги.

### **Склад концентрату №2**

Після фільтрації концентрат із вологістю 10% передається стрічковим транспортом на Склад концентрату №2, де здійснюється завантаження грейфером у вагони та зважування.

Проектними рішеннями передбачено конструкцію складу закритого типу із заглибленою ділянкою підлоги. Завантаження та зважування концентрату відбуваються в приміщенні складу.

Завантаження складу здійснюється через барабанний розвантажувальний візок, встановлений на горизонтальній ділянці конвеєра, що надходить до складу, розташованого в галереї на відмітці +15.400.

Корисний об'єм складу становить 4000 м<sup>3</sup>, що відповідає п'ятидобовому запасу за продуктивністю.

З боку вузла зважування до корпусу складу примикає опалюване приміщення оператора завантаження.

Обробка вагонів для запобігання смерзанню здійснюється на наявній установці шахти.

### **Згущувач хвостів**

Хвости збагачення із хвостового зумпфа корпусу збагачення насосами перекачуються у приймальні пристрої радіального згущувача діаметром 50 м,

який розташовується поруч із корпусом збагачення і має частково заглиблену конструкцію будівельної частини.

До згущувача прилягають приміщення пульпонасосної станції перекачування хвостів, дільниці приготування поліакриламідну та аварійної ємності.

Разом із хвостовою пульпою через приймальний пристрій у згущувач також подається розчин поліакриламідну, необхідний для інтенсифікації процесу згущення.

Обладнання для приготування 0,1% розчину ПАА встановлено в приміщенні дільниці приготування ПАА, яке розташоване поруч із згущувачем.

До складу приміщень дільниці приготування ПАА входять: склад для зберігання мішків із сухим ПАА; приміщення приготування розчину ПАА.

Мішки піднімаються електричним краном до завантажувального пристрою, звідки ПАА надходить у контактний чан із мішалкою, де готується 1% розчин із подачею гарячої води.

Робочий розчин ПАА концентрацією 0,1% готується у другому прийомі в двох контактних чанах із подачею холодної води, після чого протягом доби дозується в завантажувальний пристрій згущувача.

Розвантаження згущеного продукту здійснюється в зумпфи пульпонасосної станції. Згущені (60% твердої фази) хвости насосами перекачуються в корпус фільтрації дільниці фільтрації та складування хвостів.

Скиди зі згущувачів самопливом надходять у ємність оборотної води, звідки подаються на технологічні операції. Недостатня кількість води для технологічного процесу компенсується свіжою водою.

У резервуар для оборотної води також подається фільтрат вакуум-фільтрів дільниці фільтрації та складування хвостів.

### **Дільниця фільтрації та складування хвостів**

Дільниця фільтрації та складування хвостів розташовується на промисловому майданчику збагачувальної фабрики поруч зі згущувачем хвостів.

До складу дільниці входять такі об'єкти технологічного призначення:

- корпус фільтрації хвостів;
- конвеєрна естакада №0-4;
- склад хвостів.



Згущена хвостова пульпа гідротранспортом подається з пульпонасосної станції до корпусу фільтрації для глибшого зневоднення до вмісту твердої фази 88%.

Із пульподільника, встановленого на відмітці +10.700 корпусу, хвостова пульпа рівномірно розподіляється на вакуум-фільтри, встановлені на відмітці +5.600.

Установкою передбачено п'ять вакуум-фільтрів ДУ-100 (4 робочі та 1 резервний). Відфільтрований продукт вивантажується на стрічкові конвеєри Х-1 і Х-2, встановлені на відмітці +3.200.

На відмітці 0.000, в осях 7-8 корпусу фільтрації хвостів, встановлюється хвостова частина стрічкового конвеєра, який передає зневоднені хвости на склад хвостів. Конвеєр Х-3 встановлений під нахилом на відкритій естакаді, що примикає до майданчика складу хвостів (відмітка +7.000), де розташована його приводна станція.

Зі складу хвостів постійно здійснюється завантаження зневоднених хвостів ковшовим навантажувачем в автотранспорт. Сухі хвости підлягають реалізації як будівельний матеріал або використовуються для засипання просідань ґрунту в рамках заходів із рекультивації порушених земель.

Конструктивними рішеннями передбачено примусове відкачування фільтрату з ресиверів із передачею на станцію оборотного водопостачання збагачувальної фабрики. У корпусі встановлюється дешламатор МД-5 для збору переливів вакуум-фільтрів, змиву підлоги, води від вакуум-насосів для подальшого повернення на фільтри.

Обладнання корпусу розміщується у двох 6-метрових прольотах завдовжки 42 м. У корпусі встановлюється мостовий електричний кран вантажопідйомністю 10/5 т. Для обслуговування конвеєрів і насосів, розташованих на відмітці 0.000, передбачені електричні талі.

Корпус опалюється до температури +5 °С, передбачено змивання підлоги.

До корпусу з боку ряду В примикає приміщення вакуум-насосної, де встановлені вакуум-насоси ВВН2-300 (3 шт.) і повітродувки ТВ-80-1,6 (2 шт.). Для обслуговування обладнання вакуум-насосної за допомогою пересувного автокрана конструкції приміщення виконані розбірними.

До корпусу фільтрації з боку ряду А ззовні примикає будівля розміром у плані 14×6 м, у якій розташовані операторська дільниці зневоднення хвостів, диспетчерська відвантаження хвостів і санвузол.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

У техніко-економічній частині виконання дипломної роботи враховані витрати на заходи, спрямовані на забезпечення безпечних умов праці та запобігання виробничому травматизму працівників фабрик комбінату.

Усі конструктивно-компонувальні рішення щодо розміщення технологічного обладнання на об'єктах розроблені відповідно до вимог норм і правил безпечного обслуговування обладнання, задіяного в технологічному процесі. У складі техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) оцінені заходи з протипожежного захисту об'єктів комплексу.

У ТЕО враховані витрати на заходи зі створення здорових умов праці, полегшення її шляхом механізації виробничих процесів.

Охорона праці робітників забезпечується дотриманням вимог «Єдиних правил безпеки під час дроблення, сортування, збагачення корисних копалин та окускування руд і концентратів», норм технологічного проєктування та інших нормативних документів.

Для механізації ремонтного обслуговування обладнання комплексів передбачені необхідні вантажопідіймальні засоби та пристосування, які дозволяють підіймати й демонтувати важке обладнання, вузли та деталі.

Об'єкти комбінату оснащені телефонним та гучномовним зв'язком.

Усі конструктивно-компонувальні рішення щодо розміщення технологічного обладнання на новобудовах і реконструйованих об'єктах розроблені відповідно до вимог норм і правил безпечного обслуговування обладнання, задіяного в технологічному процесі.

Компоновка обладнання на об'єктах комплексів виконана з урахуванням безпечних проходів, із встановленням огорожувальних конструкцій у будівельній частині та захисних огорожень для обертових елементів обладнання у технологічній частині.

У техніко-економічній частині ТЕО враховані витрати на заходи, спрямовані на забезпечення безпечних умов праці та запобігання виробничому травматизму працівників фабрик комбінату.

Усі конструктивно-компонувальні рішення щодо розміщення технологічного обладнання на об'єктах розроблені відповідно до вимог норм і правил безпечного обслуговування обладнання, задіяного в технологічному процесі.

У складі ТЕО оцінені заходи з протипожежного захисту об'єктів комплексу. У ТЕО враховані витрати на заходи зі створення здорових умов праці, полегшення її шляхом механізації виробничих процесів.

Охорона праці робітників забезпечується дотриманням вимог «Єдиних правил безпеки під час дроблення, сортування, збагачення корисних копалин та окускування руд і концентратів», норм технологічного проєктування та інших нормативних документів.

Для механізації ремонтного обслуговування обладнання комплексів передбачені необхідні вантажопідіймальні засоби та пристосування, які дозволяють підіймати й демонтувати важке обладнання, вузли та деталі.

Об'єкти комбінату оснащені телефонним та гучномовним зв'язком.

Усі конструктивно-компонувальні рішення щодо розміщення технологічного обладнання на новобудовах і реконструйованих об'єктах розроблені відповідно до вимог норм і правил безпечного обслуговування обладнання, задіяного в технологічному процесі.

Компоновка обладнання на об'єктах комплексів виконана з урахуванням безпечних проходів, із встановленням огорожувальних конструкцій у будівельній частині та захисних огорожень для обертових елементів обладнання у технологічній частині.

## РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА (ТЕО) РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Таблиця 6.1 – Зведені техніко-економічні показники з ТЕО

| Найменування показників  | Варіант 1 | Варіант 2   |
|--|-----------|-------------|
| Річна продуктивність фабрики<br>(натур. маса/суха маса), тис. т: |           |             |
| по руді  | 2300,0    | 2300,0      |
|  | 2194,2    | 2194,2      |
| по концентрату К1  | 741,06    | 741,06      |
|  | 706,97    | 706,97      |
| по концентрату К2  | 1085,4    | 891,33      |
|  | 976,86    | 802,2       |
| Річна кількість хвостів (по сухій масі), тис. т, у тому числі:   | 510,37    | 685,03      |
| Хвости 1   | 9,0       | 9,0         |
| Хвости 2   | 501,37    | 676,03      |
| Вихід, %   |           |             |
| концентрата К1   | 32,22     | 32,22       |
| концентрата К2   | 44,52     | 36,56       |
| Хвостів загальних  | 23,26     | 31,22       |
| Масова частка заліза, %  |           |             |
| у руді   | 56,77     | 56,77       |
| у концентраті К1   | 65,48     | 65,48       |
| у концентраті К2   | 64,36     | 67,81       |
| у хвостах загальних  | 30,16     | 34,87       |
| Додаткова чисельність працюючих, людей.:                         |           |             |
| рудопідготовчий комплекс   | 62        | 62          |
| збагачувальна фабрика  | 107       | 107         |
| Експлуатаційні витрати, млн грн:                                 |           |             |
| переділу дроблення   | 92,71     | 92,71       |
| переділу збагачення  | 305,25    | 318,10      |
| Капітальні інвестиції з ТЕО (без ПВД), млн грн                   | 1 698,71  | 1<br>776,65 |
| Основні фонди з ТЕО, млн грн                                     | 1 552,71  | 1 623,89    |
| Тривалість будівництва, міс.:                                    |           |             |
| по рудопідготовчому комплексу                                    | 12        | 12          |
| по збагачувальній фабриці  | 24        | 24          |
| <i>Показники ефективності інвестицій</i>                         |           |             |
| Суммарні витрати (без урахування фізичних показників), млн грн   | 2 024,25  | 2 111,03    |
| Ставка дисконтування, %  | 18        |             |
| Період оцінювання, років   | 10        |             |

| Найменування показників                         | Варіант 1 | Варіант 2 |
|---|-----------|-----------|
| Чиста нинішня свартість проекту (NPV), млн грн: |           |           |
| по рудопідготовчому комплексу                   |           | -25,3     |
| по збагачувальній фабриці                       | -210,0    | -640,8    |
| по комплексу рудопідготовка + збагачення        | 3 549,3   | 3 118,6   |
| Термін окупності років:                         |           |           |
| по рудопідготовчому комплексу                   |           | 5,6       |
| по збагачувальній фабриці                       | 7,05      | -         |
| по комплексу рудопідготовка + збагачення        | 1,44      | 1,63      |

27

ТЕО виконано у двох варіантах:

-у варіанті 1 передбачається використання магнітної схеми з отриманням концентрату К2, що містить 64,36% заліза;

-у варіанті 2 використання магнітно-гравітаційної схеми дозволяє отримати концентрат К2 із масовою часткою заліза 67,8%.

2. У ТЕО виділено два технологічні ділянки:

-дробильно-сортувальна фабрика, далі комплекс рудопідготовчий, з отриманням концентрату К1 із масовою часткою заліза 65,48% крупністю 1-0 мм та промпродукту за сухою технологією;

-фабрика глибокого збагачення некондиційних руд шахти, далі збагачувальна фабрика з переробки промпродукту рудопідготовчого комплексу, з отриманням концентрату К2 (мокрый процес).

3. Додаткові експлуатаційні витрати на переділ дроблення складають 92,71 млн грн на рік.

4. Експлуатаційні витрати на переділ збагачення складають:

-варіант 1: 305,25 млн грн на рік;

-варіант 2: 318,10 млн грн на рік.

5. Капітальні інвестиції за ТЕО (без ПДВ) складають: • варіант 1: 1 698,71 млн грн на рік;

-варіант 2: 1 776,65 млн грн на рік.

6. Сумарні витрати складають:

-варіант 1: 2 024,25 млн грн на рік;

-варіант 2: 2 111,03 млн грн на рік.

7. Найкращим варіантом за сумарними витратами та капітальними вкладеннями є варіант 1.

8. Ціни товарної продукції, прийняті для розрахунків у цьому ТЕО:

-для якості: 65,48% – 1 500 грн/т;

-для якості: 64,36% – 1 400 грн/т;

-для якості: 67,81% – 1 600 грн/т.

9. Для динамічної оцінки період розрахунку прийнятий 10 років.

10. Чиста приведена вартість проекту (NPV) для всього рудозбагачувального комплексу складає:

-варіант 1: 3 549,32 млн грн на рік.

-варіант 2: 3 118,59 млн грн в рік.

11. Виходячи з рівня цін на товарну продукцію, прийнятих у цьому ТЕО, та результатів розрахунків ефективності інвестицій до подальшого розгляду рекомендується варіант 1.

12. У зв'язку з тим, що ціни на товарну продукцію не статичні, на малюнку 3 показано вплив зміни ціни на NPV за варіантами і видами концентрату.

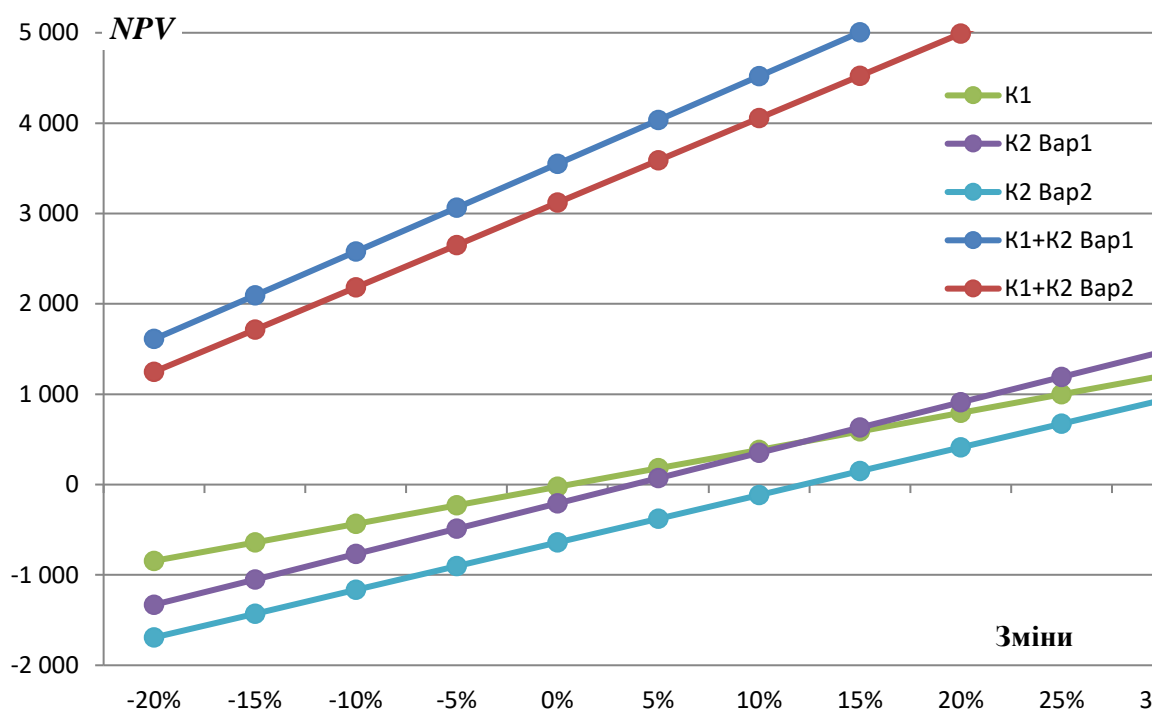


Рис. 6.1 - Залежність NPV від змін ціни

За умовами цін від 1200 грн/т до 1650 грн/т (від -20% до +10% щодо поточної прийнятої ціни) залізорудний концентрат K1 (з масовою часткою заліза загального 65,48 %) є найбільш оптимальною для реалізації товарною продукцією, то надалі оптимальним ставати і концентрат K2 з якістю 64,36%. Будівництво рудопідготовчого комплексу та збагачувальної фабрики та реалізація концентратів K1 та K2 забезпечує значно більший приріст NPV..

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі виконано вирішення актуального практичного завдання — розробка нової технології збагачення некондиційних руд підземного видобутку Кривбасу. Результати роботи підтвердили доцільність і ефективність запропонованої технології для збагачення некондиційних руд, що відкриває нові можливості для раціонального використання техногенних відходів і підвищення екологічності виробничих процесів.

Основні практичні результати роботи:

1. Виконано аналіз сучасного стану збагачення некондиційних руд. В результаті показало необхідність впровадження інноваційних технологій для підвищення якості кінцевого продукту. Зокрема, магнітна сепарація із застосуванням високоінтенсивних сепараторів на основі постійних магнітів Nd-Fe-B продемонструвала ефективність у переробці слабomagнітних гематит-мартитових руд. З огляду на тенденції виснаження природних ресурсів та нагромадження техногенних відходів, розвиток технологій вторинного збагачення є важливим кроком для зменшення екологічного навантаження та підвищення економічної ефективності гірничо-збагачувальної промисловості України. Реалізація проєктів із залучення техногенних відвалів у виробничий процес дозволить не лише оптимізувати використання наявних ресурсів, але й сприятиме стійкому розвитку регіону в нових економічних умовах.

2. Проведено дослідження хімічного, мінералогічного складу та фізико-механічних властивостей некондиційних руд, що дозволило обґрунтувати вибір методів і обладнання для їхнього збагачення.

2.1. В результаті вивчення мінерального петрографічного складу матеріалу проби некондиційної руди було виділено шість груп текстурно-мінералогічних різновидів порід та руд: 1) кварцити гематитові грубошарові; 2) кварцити гематитові середньошарові; 3) кварцити гематитові тонкошаркові; 4) гематитові руди; 5) кварцити безрудні та малорудні; 6) сланці та кварцитосланці.

2.2. Встановлено, що переважна кількість (близько 70 %) матеріалу представлена тонко- та середньошаровими гематитовими кварцитами. Близько 15% становлять гематитові руди. До 1% міститься гематитових грубошарових кварцитів. Решта – баластова частина (безрудні та малорудні кварцити, сланці та кварцитосланці).

2.3. Визначено, що основним рудним мінералом є гематит, який представлений різновидами: мартит + залізна слюдка (38,44-40,54%); дисперсний гематит (11,84-14,54 %). Другим залізовмісним мінералом є магнетит (3,49-4,04%). Нерудні мінерали представлені переважно кварцем,

зміст якого пробі коливається від 33,23 до 37,73 %. До інших мінералів у пробі віднесено хлорит, біотит, гетит, каолінит, апатит, карбонат, пірит, вміст яких у сумі 6,21-9,55 %.

2.5 Визначено з допомогою хімічного аналізу, що у пробі некондиційної руди масова частка Feобщ становить 44,3 %, Feмагн – 4,57; SiO<sub>2</sub> – 35,0 %, сірки – 0,011 %, фосфору 0,015 %, хлору – 0,053 %. Джерелом фосфору служить апатит та фосфатна речовина, які типові для первинних вулканогенно-осадових залізних руд.3. Розроблено методику проведення досліджень у лабораторних та напівпромислових умовах, яка враховує специфіку некондиційних руд.

2.6. Дані спектрального аналізу показують, що у матеріалі вивченої пробі некондиційної руди елементів-мікропримесей у значної кількості виявлено. Відзначено соті частки відсотка марганцю, хрому, титану, що є типовими домішками, характерними для магнетиту і гематиту, що заміщає його.

2.7. Вивчення фізико-механічних властивостей некондиційної руди показало, що об'ємна щільність становить 3670 г/см<sup>3</sup>, справжня щільність – 3740 кг/м<sup>3</sup>, пористість – 1,9 %, водопоглинання – 0,23 %, коефіцієнт міцності за Протодіяковим – 10, дробимість – 1 3%.

2.8 Визначено, що робітничими класами вважаються фракції -0,071 та -0,05 мм, у яких відбувається максимальне розкриття маритових зростків (89 %). Індивіди дисперсного гематиту не розкриваються на 100% навіть у класі – 0,05 мм.

3. В результаті виконаних досліджень з кінетики подрібнюваності некондиційної руди встановлено, що відносна подрібнюваність некондиційної руди ПрАТ «Суха Балка» по відношенню до окислених руд 4 ж. НКГЗК становить 1,06÷1,25 відповідно при крупності подрібнення за класом 0,071+0 мм від 60 до 78%.

4. В результаті виконаних лабораторних досліджень з кінетики подрібнення некондиційних руд ПрАТ «Суха Балка» визначено продуктивність базового проектованого млина МШР-3600х4000, який і становить при крупності подрібнення 88% за класом -0,071+0 мм відповідно 101.

5 Показано, що за сухої магнітної сепарації матеріалу пробі некондиційної руди позитивних результатів не досягнуто. В результаті сухої магнітної сепарації відзначається часткова диференціація рудних та нерудних мінералів, проте не відбувається глибокого їхнього поділу. З некондиційної подрібненої руди в крупності 40-0 мм, 16-0 мм, 5-0 мм за допомогою магнітної сепарації не вдалося виділити не відвальні хвости по залізу, не концентрат. Отже, магнітне збагачення подрібненої за стандартною методикою (конусні, щоківі дробарки) некондиційної руди крупності 40-0 мм, 16-0 мм, 5-0 не доцільно.



6. Доведено, що головним завданням магнітної сепарації некондиційної руди є видалення з процесу відвальних по залізу хвостів, що дозволить вивести з подальшого процесу переробки кварцити та знизити навантаження на гравітаційне збагачення і тим самим зменшити кількість гравітаційних концентраторів.

7. Доведено доцільність магнітного збагачення тонкоподрібненої руди. З руди крупністю 88% класу мінус 0,071 мм за допомогою магнітного збагачення (напруженість поля 600-1200 кА/м) виділено відвальні заліза хвости в кількості 13,66-16,19% від вихідного. Втрати заліза з хвостами у своїй становили 5,42–9,27% від вихідної руди. Магнітні продукти, отримані при індукції магнітного поля 0,2 Тл і 1,2 Тл, рекомендується направляти на гравітаційне збагачення.

8. Доведено доцільність використання у технології глибокого збагачення руди гравітаційної концентрації рудних мінералів. При вивченні збагачуваності проб отримано концентрати з масовою часткою заліза загального 63,26% та вмістом кремнезему 10,34%. Якщо як збагачення використовувати магнітну сепарацію, то з магнітного продукту ВГМС за допомогою гравітаційного збагачення отримано концентрат з масовою часткою заліза загального 65,2-66,1% з масою часткою діоксиду кремнію 7,02-8,4%.

9. У лабораторних умовах було перевірено дві схеми глибокого збагачення руди, що відрізняються вузлами підготовки руди до збагачення. Перша схема передбачала дроблення руди у щоківій та валковій дробарках до 5-0 мм та подрібнення всієї маси руди до 88 % класу мінус 0,071 мм. Подрібнений продукт далі прямував на магнітно-гравітаційне збагачення. Друга схема передбачала дроблення в щоківих та валкових дробарках до 1,6 мм, магнітну сепарацію дробленого продукту в полі з інтенсивністю 1,6 Тл та роздільне подрібнення магнітного та немагнітного продуктів. Потoki подрібнених продуктів прямували на магнітно-гравітаційне збагачення.

10. В результаті проведення випробувань за схемою 1 концентрат, промпродукт гравітації та хвости. Вихід концентрату склав 33,5 %. залізу хвостів становив 24,67 %. Масова частка заліза загального у хвостах – 25,4. %. Вихід промпродукту гравітації становив 41,83 %. Масова частка заліза загального в промпродукті – 37,37 %. Втрати заліза з хвостами становитимуть 49,86 % При цьому масова частка заліза загального в них. - 32,93%. Вихід такого продукту в лабораторних умовах склав 66,5%.

11. В результаті проведення випробувань за схемою 2 отримано концентрат, вихід якого становив 30,95%. .Масова частка заліза загального в хвостах склала 17,61%. 10,32%. Вихід промпродукту ВГМС і гравітації склав 42,68%. .Результати концентрації на столі показали, що за допомогою переміщення немагнітного продукту ВГМС з нього виділено промпродукт із

масовою часткою заліза загального 56,49 % та масовою часткою оксиду кремнію 21,94 % (20,25 % по виходу від операції або 8,08 % від вихідного) та хвосту з масовою часткою заліза загального 44,12 % та масовою часткою оксиду кремнію 36,36 % (79,25 % після виходу від операції або 31,83 % від вихідного).

12 Рекомендована схема збагачення руди ПрАТ «Суша Балка» передбачає наступні операції: дроблення в конусних дробарках середнього та дрібного дроблення, грохочення руди по граничній крупності 20 мм, дроблення в відцентрових дробарках і валках високого тиску, попереднє та контрольне грохочення матеріалу по граничній крупності 5-0 мм, подрібнення у замкнутому циклі, магнітне збагачення у слабкому полі матеріалу крупністю 100 % класу мінус 0,071 мм, магнітне збагачення немагнітного продукту НІМС у сильному магнітному полі з виділенням хвостів, гравітаційне збагачення магнітних промпродуктів з одержанням залізорудного концентрату та промпродукту, що повертається на доопрацювання.

13. Розроблено технологію переробки руди валового видобутку за єдиною технологічною схемою збагачення з отриманням залізорудного концентрату в крупності 1-0 мм та 0,074-0 мм концентрату. Надано рекомендації з обладнання, оптимальних режимів збагачення в технологічних операціях схеми, метрологічного забезпечення процесу, контролю та автоматизації.

14. Розроблено та перевірено в напівпромислових умовах два варіанти схеми глибокого збагачення руди з отриманням високоякісних залізовмісних концентратів крупністю 0,071-0 мм.

15. Запропоновані технологічні рішення відповідають сучасному рівню техніки та технології збагачення і дозволяють комбінацією методів (СМС, ММС, ВГММС, гравітація) домогтися високого вилучення загального заліза (87,64-80,83%) з важкозбагачуваної, тонкокрапленої руди складного речовинного.

16. Проведено техніко-економічне обґрунтування розробленої технології, яке показало значний економічний ефект та рентабельність використання запропонованого підходу.

Капітальні інвестиції за ТЕО (без ПДВ) складають: • варіант 1: 1 698,71 млн грн на рік; варіант 2: 1 776,65 млн грн на рік. Найкращим варіантом за сумарними витратами та капітальними вкладеннями є варіант 1.

Для динамічної оцінки період розрахунку прийнятий 10 років. Чиста приведена вартість проекту (NPV) для всього рудозбагачувального комплексу складає: -варіант 1: 3 549,32 млн грн на рік, -варіант 2: 3 118,59 млн грн в рік.

За умовами цін від 1200 грн/т до 1650 грн/т (від -20% до +10% щодо поточної прийнятої ціни) залізорудний концентрат К1 (з масовою часткою

заліза загального 65,48 %) є найбільш оптимальною для реалізації товарною продукцією, то надалі оптимальним ставати і концентрат К2 з якістю 64,36%.

17. Розроблено заходи з охорони праці та цивільної безпеки для забезпечення безпечних умов роботи в умовах шахтного виробництва. Таким чином, виконане дослідження є вагомим внеском у розвиток технологій збагачення некондиційних руд та має значний економічний і екологічний потенціал.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко В. І., Кондратюк Є. М. Гірничі науки та збагачення корисних копалин. – Київ: Наукова думка, 2015. – 356 с.
2. Труфанов А. І. Технології видобутку і збагачення залізних руд. – Дніпро: Гірничий університет, 2018. – 278 с.
3. Ivanenko, O., Petrova, T. Modern technologies of iron ore beneficiation in Ukraine // Mining Journal. – 2020. – №3. – P. 45–53.
4. Мельник О. П., Ковальчук Р. І. Магнітна сепарація некондиційних руд Кривбасу // Вісник гірничих наук. – 2019. – №2. – С. 88–95.
5. Державна служба геології та надр України. Звіт про стан та перспективи видобутку залізних руд у Кривбасі. – Київ, 2021. – 120 с.
6. Міністерство енергетики та захисту довкілля України. Екологічні виклики у гірничо-металургійному комплексі. – Київ, 2020. – 85 с.
7. Патент № UA123456. Методика магнітної сепарації слабомагнітних руд.
8. Інструкція з експлуатації магнітних сепараторів Nd-Fe-B. – Дніпро: ГЗК «Кривбас», 2022.
9. Бондаренко В. І. Моделювання процесів збагачення руд. – Харків: ХНУ, 2016. – 312 с.
10. Ковальчук Р. І. Магнітні сепаратори: принципи дії та застосування. – Львів: ЛНУ, 2019. – 142 с.
11. Petrova, T., Ivanenko, O. Iron ore processing challenges in Ukraine // Minerals Engineering. – 2021. – Vol. 15. – P. 102–112.
12. Труфанов А. І., Мельник О. П. Вплив магнітних полів на ефективність сепарації руд. – Дніпро: ГЗК, 2020. – 198 с.
13. Bondarenko V., Kondratyuk E. Magnetic separation technologies // Mining Journal. – 2019. – №4. – P. 63–72.
14. Геологічна служба України. Річний звіт про розробку родовищ. – Київ, 2022. – 150 с.
15. Поліщук О. В. Збагачення залізних руд: інновації та перспективи. – Одеса: ОНУ, 2021. – 120 с.
16. Технологічний регламент роботи магнітного сепаратора. – Кривий Ріг: Металургпром, 2021. – 88 с.
17. Коваленко В. П., Петренко О. М. Розрахунки процесів збагачення залізних руд. – Харків: ХДТУ, 2018. – 254 с.
18. Іваненко О. В., Мельник Р. С. Аналіз роботи магнітних систем збагачення. – Донецьк: ДНУ, 2020. – 148 с.
19. Методичні рекомендації з проектування збагачувальних фабрик. – Київ: Мінпром, 2019. – 96 с.

20. Річний звіт ГЗК «Кривбас». – Дніпро: ГЗК, 2021. – 72 с.
21. Industrial Minerals and Rocks: Technologies for Enrichment. – London: Springer, 2019. – 450 p.
22. Український інститут металів. Результати досліджень технологій збагачення. – Харків: УІМ, 2021. – 88 с.
23. Ковальчук Р. І., Бондаренко В. І. Вплив фракційності руд на якість збагачення. – Львів: ЛНУ, 2022. – 210 с.
24. Ivanenko O., Petrova T. Modeling of ore beneficiation processes // Advanced Mining Technologies. – 2020. – Vol. 14. – P. 78–89.
25. Шевченко Л. П. Перспективи застосування новітніх технологій у видобутку залізних руд. – Київ: Наук. думка, 2021. – 134 с.
26. Міністерство геології України. Звіт про геологічну діяльність. – Київ, 2020. – 140 с.
27. Труфанов А. І., Мельник О. П. Магнітна сепарація: методи та обладнання. – Харків: ХДТУ, 2021. – 180 с.
28. Guidelines for Magnetic Separation Equipment. – New York: CRC Press, 2020. – 300 p.
29. Український центр збагачення. Дослідження ефективності технологій. – Дніпро: УЦЗ, 2021. – 100 с.
30. Вісник геологічних наук. – 2021. – №5. – С. 34–42.
31. Petrova T., Ivanenko O. Advances in beneficiation equipment // Mining Equipment Journal. – 2019. – №2. – P. 12–18.
32. Кривбасзалізрудком. Річний звіт підприємства. – Дніпро, 2021. – 140 с.
33. Бондаренко В. І. Аналіз сучасних тенденцій у збагаченні руд. – Київ: Наук. думка, 2022. – 164 с.
34. Патент № UA789456. Система автоматичного контролю процесу сепарації.