

УДК [622+669].004.82:504  
№ держреєстрації 0109U002810  
Інв. №

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Державний вищий навчальний заклад  
"Національний гірничий університет"  
(Державний ВНЗ "НГУ")

49005, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19; тел./факс (0562) 47-32-09;  
телекс 143457"AGAT SU"; e-mail: NomenkoO@nmu.org.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з наукової роботи,  
д-р техн. наук, проф.  
\_\_\_\_\_ О. Бешта  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2010 р.

## ЗВІТ

### ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ПЕРЕРОБКИ, ВИЛУЧЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ КОРИСНИХ КОМПОНЕНТІВ З  
ПРОМИСЛОВИХ ТА ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

(заключний)  
тема ГП-430

Начальник НДЧ,  
канд. техн. наук, доц.

О. Хоменко

Зав. кафедри ЗКК,  
науковий керівник НДР,  
д-р техн. наук, проф.

П. Пілов

2010

Рукопис закінчено " 14 " грудня 2010р.

Результати роботи розглянуто науково-технічною радою,  
протокол № 5 від " 14 " грудня 2010г.

## СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник  
д-р техн. наук, проф.

Відповідальний виконавець  
канд. техн. наук, доцент  
(висновки)

Науковий  
співробітник

Старший науковий  
співробітник  
канд. техн. наук

Науковий співробітник

Науковий співробітник

Молодший науковий  
співробітник

Молодший науковий  
співробітник

Провідний інженер

Аспірант

П.І. Пілов  
(розділи 1, 3, 4, 6-8,  
висновки)

В.В. Гаєвий  
(розділи 1-4, 6)

В.Л. Шутов  
(розділ 2, 4, 5, 7)

В.М. Лапицький  
(розділ 2, 4, 7, 8  
висновки)

Н.Г. Кабакова  
(розділи 1, 2, 3, 6)

Л.А. Шатова  
(розділи 1-4,5-7)

П.О. Чечель  
(розділ 2, 3, 6)

С.В. Геращенко  
(розділ 4, 7)

Н.М. Черниш  
(розділ 3, 4, 6)

Р.С. Лагутенко  
(розділ 4)

У роботі приймали участь студенти: Армяновська А.В. (ГТЯ-06),  
Здравіло А.А. (ГТЯ-06), Перфілова М.О. (ГТЯ-08).

Нормоконтроль

Л.С. Шломіна

## РЕФЕРАТ

Звіт по НДР:239 с., 77 рис., 42табл., 20 джерел, 7 додат.

Об'єкт дослідження: екологічно безпечні технології переробки, вилучення та утилізації корисних компонентів з промислових та твердих побутових відходів.

Мета роботи: наукове обґрунтування і розробка нових технологій та обладнання для вилучення цінних компонентів, що входять до складу промислових та твердих побутових відходів, а також обґрунтування типів сепараторів, які необхідно застосувати для переробки техногенної мінеральної сировини.

Методи досліджень – аналітичні та експериментальні.

Основні результати.

Запропоновано схему дозбагачення ільменіт-сидеритового концентрату з використанням методів магнітної та електричної сепарації. Розроблені варіанти технологічних схем збагачення вугільних шламів та отримання з них твердого палива, на основі збагачених кам'яновугільних шламів і органічної складової твердих побутових відходів розроблені нові технологічні схеми та обладнання для огрудкування (з використанням апарату типу шнекового пресу). Розроблені варіанти технологічних схем збагачення відходів переробки пірохлор-цирконових руд та цирконових промпродуктів із застосуванням сепараторів з сильними магнітними полями. Розроблена технологія вилучення корисних компонентів з твердих побутових відходів (ТПВ). Розроблені рекомендації по використанню сепараторів відповідних типів для переробки і вилучення корисних компонентів з промислових та побутових відходів.

**МАГНІТНІ СЕПАРАТОРИ З СИЛЬНИМИ МАГНІТНИМИ ПОЛЯМИ, ТПВ (ТВЕРДІ ПОБУТОВИ ВІДХОДИ), ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ, ОГРУДКУВАННЯ**

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Системний аналіз сучасних технологій переробки твердих побутових та промислових відходів. Аналіз існуючих методів і сепараторів для сухого збагачення зернистих слабомагнітних матеріалів у сильних магнітних полях	10
1.1 Системний аналіз сучасних технологій переробки твердих побутових та промислових відходів.....	10
1.2 Аналіз існуючих методів і сепараторів для сухого збагачення зернистих слабомагнітних матеріалів у сильних магнітних полях.....	16
2 Теоретичний аналіз сучасного сепараційного обладнання для переробки твердих побутових та промислових відходів. Аналіз властивостей та дослідження збагачуваності відходів переробки пірохлор-цирконових руд та цирконових промпродуктів на сухих сепараторах з сильним магнітним полем .....	37
2.1 Аналіз сучасного сепараційного обладнання для переробки твердих побутових та промислових відходів .....	37
2.2 Розробка технологічної схеми переробки лежалих хвостів збагачення нефелінових сиєнітів .....	53
2.3 Аналіз властивостей і дослідження збагачуваності цирконових промпродуктів на сухих сепараторах із сильним магнітним полем.....	61
3. Дослідження кількісно-якісних характеристик твердих побутових та промислових відходів. Аналіз властивостей та дослідження збагачуваності на сухих сепараторах з сильним магнітним полем ільменіт-сидеритової руди Іршанського родовища.....	67
3.1 Дослідження кількісно-якісних характеристик твердих побутових та промислових відходів.....	67
3.1.1 Методика дослідження фізичних властивостей твердих побутових відходів.....	67
3.1.2 Визначення фізичних властивостей твердих побутових відходів.....	71
3.1.3 Еколого-економічні передумови необхідності вилучення корисних компонентів з ТПВ.....	75
3.2 Аналіз властивостей та дослідження збагачуваності на сухих сепараторах з сильним магнітним полем ільменіт-сидеритової руди Іршанського родовища.....	78
3.2.1 Результати досліджень.....	78
3.3 Дослідження збагачуваності ільменіт-сидеритової руди Іршанського родовища з використанням методів магнітної та електричної сепарації.....	94
4 Дослідження на збагачуваність твердих побутових та промислових відходів. Аналіз розрахункового методу визначення класу небезпеки промислових відходів в Україні. Дослідження збагачуваності гранатвміщуючих відходів на сухих сепараторах з сильним магнітним полем.....	98

4.1 Технологічна схеми переробки шлаків алюмінієвого виробництва.....	98
4.2 Аналіз розрахункового методу визначення класу небезпеки промислових відходів в Україні.....	102
4.3 Дослідження збагачуваності гранатвміщуючих відходів на сухих сепараторах з сильним магнітним полем.....	118
5 Розробка експериментальних зразків обладнання для вилучення корисних компонентів з твердих відходів. Аналіз властивостей продуктів переробки бокситової руди та дослідження їх збагачуваності на сухих сепараторах з сильним магнітним полем.....	121
5.1 Розробка експериментальних зразків обладнання для вилучення корисних компонентів з твердих відходів.....	121
5.1.1 Підвісний магнітний залізовідокремлювача з постійними магнітами.....	123
5.1.2 Вібраційний грохот для переробки вторинної сировини.....	125
5.2 Аналіз властивостей продуктів переробки бокситової руди та дослідження їх збагачуваності на сухих сепараторах з сильним магнітним полем.....	127
5.2.1 Лабораторні дослідження розподілу бокситової руди за магнітними властивостями.....	128
6 Розробка експериментального обладнання для вилучення металів з відходів. Розробка технологій збагачення вугільних шламів та отримання твердого палива. Дослідження збагачуваності пегматиту на сухих сепараторах з сильним магнітним полем.....	133
6.1 Розробка експериментального обладнання для вилучення кольорових металів з твердих побутових відходів.....	133
6.2 Розробка технологій збагачення вугільних шламів та отримання твердого палива.....	135
6.3 Дослідження збагачуваності пегматиту на сухих сепараторах з сильним магнітним полем.....	141
6.3.1 Дослідження збагачуваності пегматитів на бар'єрному (БСТ) та роликовому (РСТ) сепараторах.....	142
7 Розробка технологій вилучення корисних компонентів з твердих промислових та побутових відходів. Розробка технологій збагачення відходів переробки титано-цирконових розсипів та відходів переробки пірохлор-цирконових руд.....	149
7.1 Розробка технологій вилучення корисних компонентів з твердих промислових та побутових відходів.....	149
7.1.1 Збагачення і переробка пісків.....	155
7.2 Розробка і обґрунтування безпечних технологій вилучення корисних компонентів з відходів.....	160
7.2.1 Обґрунтування використання технологій вилучення чорних та кольорових металів з твердих побутових відходів.....	162
7.2.2 Енергозбереження при вилученні металів з відходів.....	163

7.3 Обґрунтування технології вилучення та переробки легкої фракції, що входить до складу ТВП.....	164
7.3.1 Аеросепарація твердих побутових відходів.....	164
7.3.2 Аеросепарація побутових відходів.....	165
7.4 Розробка технології збагачення відходів переробки титано-цирконових розсипів.....	170
7.5 Розробка технологій збагачення відходів переробки пірохлор-цирконових руд.....	172
7.5.1 Збагачення лежалих відходів хіміко-металургійної фабрики Маріупільського металургійного комбінату ім. Ілліча.....	172
8 Проведення випробувань технологій та обладнання для вилучення корисних компонентів з твердих промислових та побутових відходів. Розробка рекомендацій з використання технологій та сепараторів.....	175
8.1 Іспити технологій та обладнання для вилучення корисних компонентів з промислових відходів.....	175
8.2 Технологічна схема переробки та збагачення лежалих відходів.....	178
8.3 Переробка відходів виробництва феросилікомарганцю.....	179
8.4 Рекомендації з використання сепараторів відповідних тапів.....	185
Висновки.....	188
Перелік посилань.....	192
Додаток А Патентний звіт .....	194
Додаток Б Акт промислових іспитів РСТ.....	222
Додаток В Акт впровадження.....	231
Додаток Г Акт впровадження .....	232
Додаток Д Витяг з протоколу № 4 засідання кафедри ЗКК НГУ.....	234
Додаток Е Витяг з протоколу № 5 засідання ради секції по науковому напрямку "Прогресивні технології видобутку і переробки корисних копалин".....	236
Додаток Ж Рецензія.....	238

## ВСТУП

Робота виконується згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 17.11.08 №1043 і угоди між Міністерством освіти і науки України та Національним гірничим університетом від 24.12.2008р. № 388.

Початок виконання – січень 2009 р.

Закінчення – грудень 2010 р.

Господарська діяльність людини приводить до накопичення на денній поверхні величезних відвалів гірничих порід і відходів металургійних, хімічних заводів, вуглезбагачувальних фабрик, енергетичних підприємств і інших виробництв.

У розвинених індустріальних країнах світу рівень використання промислових відходів досягає 70...80%, тоді як в Україні він не перевищує 10...12%. У США, наприклад, з промислових відходів отримують 20% всього алюмінію, 33% заліза, 50% свинцю і цинку, 44% міді і так далі. Тому для нашої країни, що виробляла 5% всієї світової мінеральної продукції і яка володіє могутнім гірничо-промисловим потенціалом, проблема утилізації промислових відходів має першорядне значення. На території України в результаті діяльності 500 промислових підприємств тільки твердих відходів накопичено близько 25 млрд. т.

Аналізуючи стан техногенних об'єктів встановлено, що в результаті переробки тільки обстежених промислових відходів потреби промисловості України можуть бути забезпечені на десятки років в скандії, галії, ітрії, танталі, ніобії, ртуті, цезії. Щорічна потреба в дефіцитних для країни свинці, цинку, міді, ванадії, цирконії, золоті, сріблі, літії може задовольнятися на 10...25%. Різна нерудна сировина з відходів може бути раціонально використана для отримання будівельних матеріалів, хімічних реагентів для очищення стічних вод, добрив для сільського господарства і так далі. Важливою обставиною є те, що собівартість товарної продукції з промислових відходів в 5...15 разів менше, ніж з тих, що добувають традиційними способами з руд родовищ корисних копалин. Активне використання промислових відходів мінеральної сировини дозволить отримати прибуток в мільярди доларів США щорічно. Утилізація мінеральних відходів сприяє очищенню навколишнього

середовища від токсичних речовин і баласту, а також отриманню необхідних металів і інших корисних продуктів.

У відходах Запорізького титано-магнієвого комбінату виявлений вміст (%) цирконію – 0,35; ніобію – 0,28; танталу – 0,017; ванадію – 0,09; ітрію – 0,03; міді – 0,1; оксиду титану – 7,8. Ці метали містяться в технологічно доступній для їх вилучення формі.

У м. Миколаєві на глиноземному заводі щорічно утворюється 1,3млн. т. червоних шламів при переробці бокситів, що імпортуються з Гвінеї і інших країн. Роботами УкрДІМР доведена можливість їх утилізації з отриманням Au-Zr-TiO<sub>2</sub>-Fe концентрату при чистому річному прибутку 770 тис. доларів.

Вторинна переробка 150 млн. т. відходів збагачення марганцевих руд Никопольського району і 500 млн. т. відходів збагачення залізняку Криворізького басейну можуть дати товарної продукції на 6 млрд. доларів. Ці, а також інші дані показують настійну необхідність вивчення і утилізації техногенних родовищ України.

У даному звіті приведені результати досліджень, які включають: аналіз сучасних технологій переробки та сучасного сепараційного обладнання для переробки твердих побутових та промислових відходів; їх кількісно-якісних характеристик та збагачуваності, а також. аналіз розрахункового методу визначення класу небезпеки промислових відходів в Україні; виконано аналіз існуючих методів та сепараторів для сухого збагачення зернистих слабомагнітних матеріалів в сильних магнітних полях; приведені результати досліджень збагачуваності відходів переробки пірохлор-цирконових руд, цирконових промпродуктів, гранатвміщуючих відходів гранітних кар'єрів та ільменіт-сидеритової руди Іршанського родовища; наведені варіанти технологічних схем збагачення вугільних шламів та отримання з них твердого палива; проведені іспити технологій та обладнання для вилучення корисних компонентів з твердих промислових відходів, зокрема металургійних шлаків. Розроблені рекомендації по використанню сепараторів відповідних типів для переробки і вилучення корисних компонентів з промислових та побутових відходів. Рекомендації відображають особливості застосування гравітаційних,



магнітних та електродинамічних сепараторів при сухих та мокрих засобах збагачення, різних видах сировини та необхідної продуктивності апаратів.

# 1 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ. АНАЛІЗ ІНЮЧИХ МЕТОДІВ ТА СЕПАРАТОРІВ ДЛЯ СУХОГО ЗБАГАЧЕННЯ ЗЕРНИСТИХ СЛАБОМАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ В СИЛЬНИХ МАГНІТНИХ ПОЛЯХ

## 1.1 Системний аналіз сучасних технологій переробки твердих побутових та промислових відходів

У сучасних умовах невід'ємною умовою раціонального комплексного освоєння надр стає не тільки досягнення максимального техніко-економічного ефекту від промислової розробки рудних родовищ з максимальним використанням гірничої маси, що здобувається та переробляється, а також залучення у ефективну промислову експлуатацію раніш утворених у результаті багаторічної діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу техногенних утворень та формуємих поточних відходів виробництва.

Тривале освоєння рудних родовищ фізико-технічними засобами призвело до істотного виснаження балансових запасів та зниженню їх якості, а також накопиченню на поверхні великої кількості відходів гірничо-металургійного виробництва у вигляді складованих хвостів збагачення та металургійних шлаків, відвалів некондиційних руд та вміщуючих порід, промислових стоків. Причому залучення у експлуатацію більш бідних руд супроводжується неминучим збільшенням об'ємів здобичі та зростом відходів їх переробки. Без рішення проблеми зниження об'ємів відходів гірничо-металургійних підприємств та залучення їх у ефективне промислове використання неможливий подальший ефективний розвиток народного господарства країни.

Новим науковим напрямком комплексного освоєння надр є цілеспрямоване формування із відходів переробки руд техногенних родовищ з заданими характеристиками. При цьому вирішуються питання: економії природної мінеральної сировини за рахунок використання техногенної; отримання додаткової товарної продукції; збереження якості відходів шляхом формування техногенного

родовища із заданими технологічними параметрами, які забезпечують можливість їх освоєння у майбутньому; зменшення площі відчуження земель, які займані під шламосховища; зниження екологічного впливу на навколишнє середовище.

Реалізація вимог комплексного освоєння родовищ із залученням у промислове користування відходів рудозбагачення можлива на основі системного підходу до розробки та формуванню технологічних схем, при цьому кожна з проектних та технологічних задач розглядається як елемент єдиної технологічної схеми підприємства в цілому.

Визначаючий вплив на вибір технологічної схеми промислової експлуатації відходів переробки виявляють умови їх формування, складування та зберігання. По цьому признаку усі відходи розділені на 4 види:

- поточні – на виході зі збагачувальної фабрики після завершення усіх процесів збагачення;

- затоплені – які знаходяться у діючому, постійно поповнюючому шламосховищі під затопленням водою зі змінною концентрацією елементів та рН середовища, в залежності від режиму наміву та природно-кліматичних умов;

- консервуємі- розміщені у шламосховищі, в якому відбуваються процеси осушення та консервації;

- лежалі – відходи, які пролежали впродовж визначеного часу у законсервованому шламосховищі і в яких відбулись процеси вторинного мінералоутворення та зміни структури масиву.

Така класифікація техногенних відходів дозволяє забезпечити диференційний підхід до обґрунтування технології її залучення у ефективну промислову експлуатацію.

У теперішній час визначились наступні напрямки створення безвідходних або маловідходних виробництв:

- розробка принципово нових технологічних схем та методів промислового виробництва, які виключають викиди відходів у навколишнє середовище;

- створення замкнутих технологічних схем з багатократним використанням води та технологічних газів;

- створення системи переробки відходів виробництва, які розглядаються як вторинні матеріальні ресурси, з організацією крупних регіональних промислових комплексів з замкнутою структурою потоків сировини для глибокої переробки.

При розробці технологічних схем збагачення промислових відходів необхідне наступне:

- визначення властивостей істотної сировини;
- вибір способу та обладнання для рудопідготовки;
- вибір способу та обладнання для класифікації;
- визначення машинних класів;
- визначення фракційного складу окремих машинних класів;
- визначення основних прийомів збагачення для окремих машинних класів;
- вибір збагачувальних апаратів та формування технологічних схем;
- вибір операцій з доводки концентратів.

При визначенні властивостей істотної сировини повинні бути вивчені гранулометричний, мінералогічний та хімічний склади, а також фізичні властивості та параметри розкриття.

При виборі способу та обладнання для рудопідготовки враховують насамперед властивості сировини та можливості обладнання для дроблення, помелу та промивки.

При визначенні способів та обладнання для класифікації враховують, якими повинні бути машинні класи та їх подальша переробка сухими чи мокрими методами збагачення. В залежності від цього визначають вимоги до отриманих машинних класів і визначають раціональні методи та обладнання для їх отримання.

Для кожного машинного класу визначають основні та допоміжні методи збагачення.

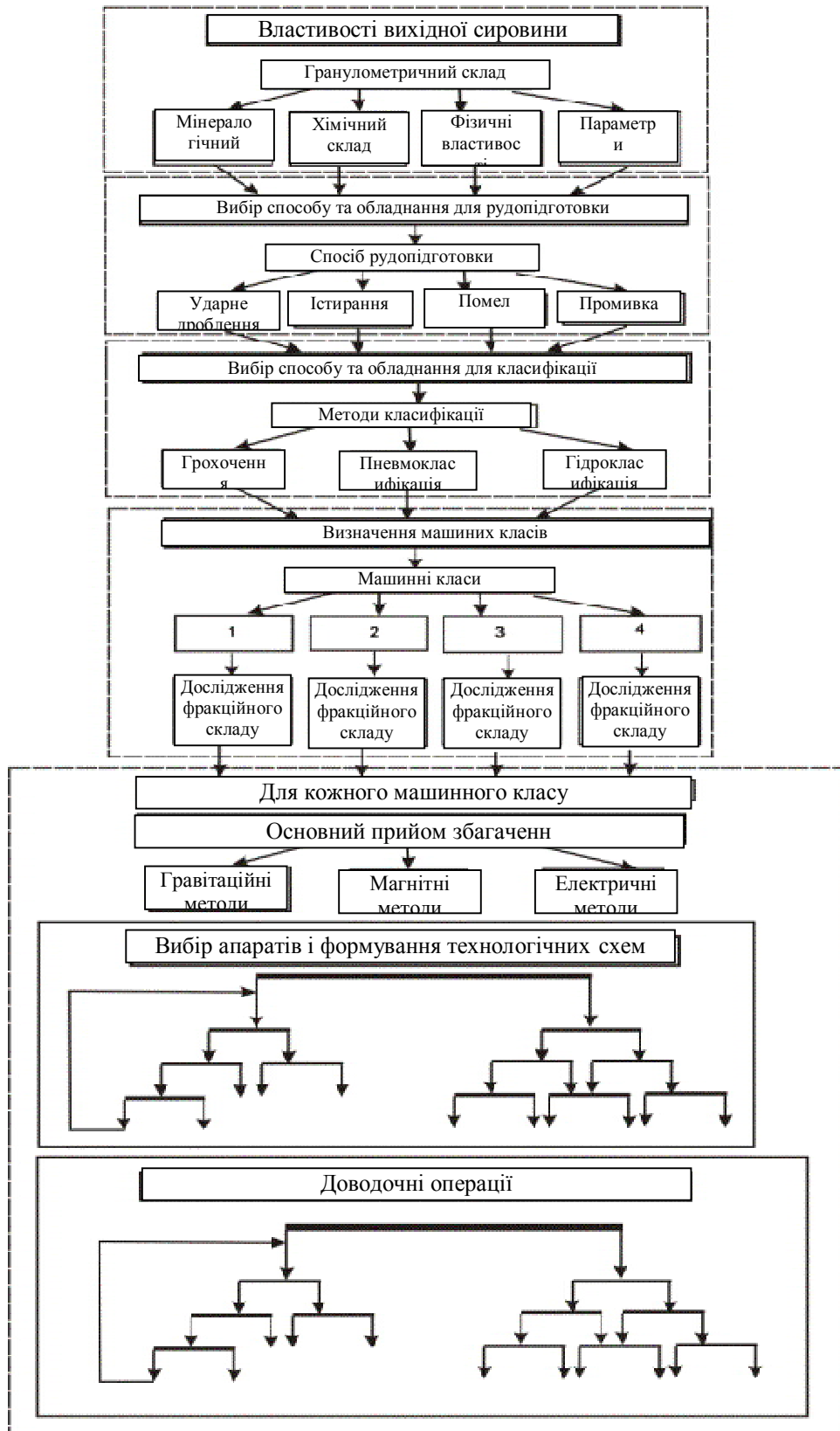


Рисунок 1.1 – Послідовність стадій при визначенні технологій переробки

На подальшому етапі вибирається збагачувальне обладнання та формуються технологічні схеми. Технологічні схеми передбачають стадіальність основних процесів збагачення та сполучення їх з допоміжними процесами. В технологічних схемах передбачаються перемішні та контрольні операції. Аналізуються отримані концентрати, проміжні продукти та відходи. В залежності від вимог до кінцевих продуктів розділення доволі часто необхідно виконати доводочні операції з метою отримання кондиційних концентратів та відходів з максимальним вилученням корисних компонентів.

Господарська діяльність людини призводить до накопичення на денній поверхні великих відвалів гірничих порід і відходів металургійних, хімічних заводів, вуглезбагачувальних фабрик, енергетичних підприємств та інших виробництв.

У розвинених індустріальних країнах світу рівень використання промислових відходів досягає 70...80%, тоді як в Україні він не перевищує 10...12%. У США, наприклад, із промислових відходів отримують 20% всього алюмінію, 33% заліза, 50% свинцю і цинку, 44% міді і так далі. Тому для нашої країни, що виробляла 5% всієї світової мінеральної продукції і яка володіє могутнім гірничо-промисловим потенціалом, проблема утилізації промислових відходів має першорядне значення. На території України в наслідок діяльності 500 промислових підприємств тільки твердих відходів накопичено близько 25 млрд.т. Ці відходи негативно впливають на природні ландшафти і екологічні умови, займаючи при цьому площу біля 150 тис.га родючих земель і погіршуючи місце існування людини.

У результаті аналізу стану техногенних об'єктів встановлено, що в результаті переробки обстеженої кількості промислових відходів потреби промисловості України можуть бути забезпечені на десятки років в скандії, галії, ітрії, танталі, ніобії, ртуті, цезії. Щорічна потреба в дефіцитних для країни свинці, цинку, міді, ванадії, цирконії, золоті, сріблі, літій може задовольнятися на 10...25%. Різна нерудна сировина з відходів може бути раціонально використана для отримання будівельних матеріалів, хімічних реагентів для очищення стічних вод, добрив для сільського господарства і так далі. Важливою обставиною є те, що собівартість товарної продукції із промислових відходів в 5...15 разів менше, ніж з тих, що

видобуваються традиційними способами з руд родовищ корисних копалин. Активне використання промислових відходів мінеральної сировини дозволить отримати прибуток в мільярди доларів США щорічно. Утилізація мінеральних відходів сприяє очищенню навколишнього середовища від токсичних речовин і баласту, а також отриманню необхідних металів і інших корисних продуктів. У промислових відходах Никітовського ртутного комбінату (НРК), наприклад, визначені прогнозні ресурси (у тоннах) сурми – 5540, миш'яку – 4280, літію – 1450, ртуті – 720, срібла – 3,2, золота – 1,2. Розроблені технологічні схеми по вилученню вказаних металів, після чого піщано-глинисті продукти промислових відходів можна використовувати для приготування цеглини, будівельних розчинів, бетону та ін. Проведена в УкрДІМР (м. Сімферополь) і Геопрогнозе (м. Київ) техніко-економічна оцінка комплексного освоєння відходів НРК показала їх доцільність і вигідність.

У відходах Запорізького титаномagneзівського комбінату виявлений вміст (%): цирконію – 0,35; ніобію – 0,28; танталу – 0,017; ванадію – 0,09; ітрію – 0,03; міді – 0,1; оксиду титану – 7,8. Ці метали містяться в технологічно доступній для їх вилучення формі.

Техногенні родовища Криворізького залізорудного басейну можуть бути джерелом видобутку золота. У відходах збагачення залізистих кварцитів тут встановлено до 1,5...1,9 г/т і більше золота, з якого в УкрДІМР (м. Сімферополь) отримані концентрати, придатні для гідрометалургійного вилучення цього благородного металу.

У золі бурого вугілля Морозівського розрізу Дніпровського буровугільного басейну виявлений вміст золота до 4,5...8,0 г/т, що суттєво перевищує промислові вимоги до руд корінних родовищ. Кількість золота в золошлакових відвалах ТЕЦ м. Олександрії складає 350 мг/т і більш, що робить економічно вигідним його промислове видобування.

У м. Миколаєві на глиноземному заводі щорічно утворюється 1,3млн.т червоних шламів при переробці бокситів, що імпортуються з Гвінеї і інших країн. Роботами УкрДІМР доведена можливість їх утилізації з отриманням Au-Zr-TiO<sub>2</sub>-Fe концентрату при чистому річному прибутку 770 тис. доларів.

Вторинна переробка 150 млн. т відходів збагачення марганцевих руд Нікопольського району і 500 млн. т відходів збагачення залізняку Криворізького басейну можуть дати товарної продукції на 6 млрд. доларів. Ці, а також інші дані показують необхідність вивчення і утилізації техногенних родовищ України і особливо Донбасу.

За 200 років промислового видобутку кам'яного вугілля в Донбасі і його переробки накопичена величезна кількість відходів: на кожного мешканця цього регіону припадає їх біля 4000 т. З 1257 териконів і відвалів вугільних шахт до 35% схильні до процесів самозагорання. У радіусі до 3-х км кожен терикон є джерелом забруднення повітряного, водного і поверхневого природного середовища різними елементами-токсикантами, зокрема миш'яком, ртуттю і ін. Тим часом, доведено, що глинисті породи, що складають на 70% і більше терикони вугільних шахт Донбасу, доцільно використовувати як мінеральну сировину для виготовлення цеглини і інших будівельних матеріалів, а також отримання глинозему. Разом з відходами вуглезбагачення і переробки вугілля вони можуть служити нетрадиційним джерелом чорних, кольорових, благородних і рідкісних металів. Геохімічні дослідження вугільної золи близько 200 шахтних пластів, проведені А.Ф.Горовим, показали постійну присутність в золі до 3 г/т срібла, близько 1000 г/т літію і інших елементів. Відходи вугільного виробництва, які щорічно з'являються в Донбасі, містять близько 10 т срібла, сотні тонн германію, ітрію і ітербію, тисячі тонн скандію, берилію, літію, цирконію і інших металів на суму декілька сот млн. доларів США. Таким чином, техногенні родовища України і Донбасу є надійною мінерально-сировинною базою країни.

## 1.2 Аналіз існуючих методів і сепараторів для сухого збагачення зернистих слабомагнітних матеріалів у сильних магнітних полях

Існує кілька методів сухої магнітної сепарації зернистих слабомагнітних матеріалів:



1. Сепарація шляхом утримання магнітних зерен на транспортуючій поверхні. Метод реалізується при верхній подачі живлення в магнітних барабанних і роликівих сепараторах, а також в індукційних електромагнітних роликівих сепараторах.

2. Сепарація шляхом вилучення магнітних зерен з потоку збагачуваного матеріалу. Метод реалізується при нижній подачі живлення в індукційних електромагнітних валкових сепараторах.

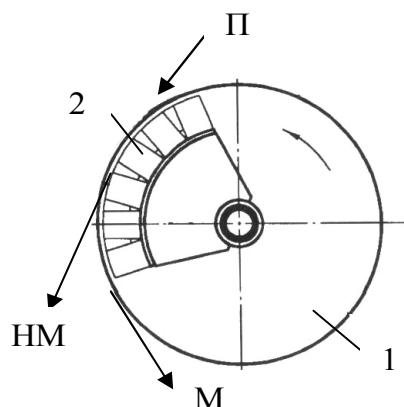
3. Сепарація шляхом відхилення магнітних зерен під дією магнітної сили з потоку збагачуваного матеріалу, що рухається вертикально униз. Метод реалізується в роторних електромагнітних сепараторах.

4. Сепарація шляхом утримання магнітних зерен у зваженому стані під дією магнітних сил на магнітному бар'єрі. Метод реалізується в бар'єрному електромагнітному сепараторі.

#### *Барабанні магнітні сепаратори.*

Барабанні сепаратори всіх типів включають (рис. 1.2) барабан 1 з розміщеною всередині нього нерухомою багатополюсною магнітною системою 2, пристроїв для подачі живлення (П), прийому магнітного (М) і немагнітного (НМ) продуктів сепарації.

Збагачуваний матеріал з живильника надходить на барабан і під дією магнітного поля притягується до його поверхні. Немагнітна фракція збагачуваного матеріалу видаляється в немагнітний продукт. Магнітна фракція разом з барабаном, який обертається, виходить із зони дії магнітного поля й видаляється в магнітний продукт.



- 1 – барабан;  
2 – нерухома багатополіусна магнітна система

Рисунок 1.2 – Схема барабанного сепаратора

Барабан виконаний з немагнітного матеріалу й футерується гумою або зносостійким листовим металом. Чеська фірма Pohronske Strojarnе виготовляє барабани із пластмаси з назвою «Гластекстит». Привід барабану може бути розміщений усередині нього або зовні.

Конструкція магнітної системи, місце її встановлення в барабані й матеріал магнітів залежать від призначення сепаратора. У цей час у барабанних сепараторах використовують керамічні феррито-барієві магніти для створення магнітного поля до 0,14 Тл, а також сильні магніти на основі рідкоземельних елементів Nd–Fe–В для створення поля до 0,7 Тл. Магнітні системи на постійних магнітах є багатополіусними. Чергування полярності при пересуванні матеріалу уздовж магнітної системи забезпечує його магнітне перемішування. Це дозволяє одержати більш чистий магнітний продукт завдяки вивільненню затиснених магнітним матеріалом нерудних зерен.

*Індукційні валкові й індукційні роликові електромагнітні сепаратори.*

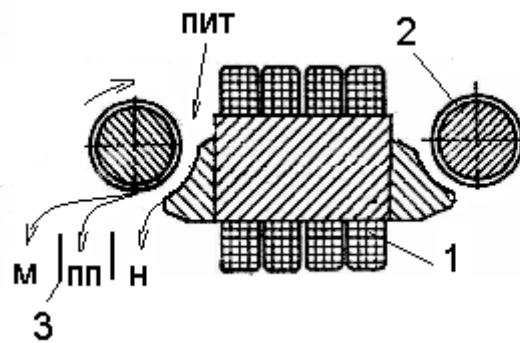
Індукційно-роликові (відповідно до зарубіжної термінології) і індукційні валкові (надалі – валкові) електромагнітні сепаратори призначені для збагачення зернистих слабомагнітних руд. Валкові сепаратори мають нижню й верхню подачу живлення. Збагачення на валкових сепараторах з нижньою подачею живлення може

здійснюватися сухим або мокрим методом, а з верхньою подачею живлення – тільки сухим методом. Діаметр ролика індукційних роликів сепараторів менше, ніж діаметр валка, і живлення подається на ролик зверху. Збагачення на індукційних роликів сепараторах здійснюється тільки сухим методом. Мокрим методом на валкових сепараторах збагачують шлами марганцевих руд на Марганецькому і Орджонікідзевському збагачувальних комбінатах, ільменітові руди – на Іршанському комбінаті. Сухим методом на валкових і індукційно-роликів сепараторах збагачують мінеральні піски на Вольногорському і Іршанському збагачувальних комбінатах.

Для сухого збагачення в даний час застосовують сепаратор 2ЕВС-36/100. Він складається із двох електромагнітних систем 1 (рис. 1.3) і двох валків 2, по яких магнітне поле, що створюється електромагнітними системами, замикається в єдиний ланцюг. Кожна електромагнітна система складається із сердечника з котушками. На торцях сердечників встановлені полюсні наконечники, на яких є западини. Валки мають кільцеві виступи.

Профілі поверхонь виступів і западин полюсних наконечників утворюють софокусні гіперболи (рис. 1.4). Між виступами й западинами є повітряний зазор шириною до 12 мм.

Магнітне поле, що створюється магнітними системами, відносно рівномірно розподілено по поверхні западин полюсних наконечників і концентрується на виступах валків.



- 1 – електромагнітні системи;
- 2 – валки;
- 3 – шибера

Рисунок 1.3 – Схема сухого валкового сепаратора й розподіл продуктів збагачення.

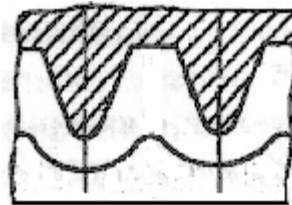


Рисунок 1.4 – Схема софокусного суміщення виступів і западин валкового сепаратора

Таким чином, градієнт напруженості магнітного поля спрямовано від поверхні западин до виступів. Якби поверхня полюсних наконечників була пласкою, то магнітні лінії, виходячи з полюсних наконечників перпендикулярно цієї площини, були б паралельні одна одній. У цьому випадку градієнт магнітного поля біля поверхні полюсного наконечника і магнітна сила, яка діє на рудні зерна, дорівнювали б нулю. Наявність западин створює непаралельність магнітних ліній безпосередньо біля поверхні полюсного наконечника, а отже, і градієнт магнітного поля, що спрямований до виступів.

Принцип дії сепаратора полягає в наступному. Матеріал, що збагачується, подають під валок безпосередньо на поверхню полюсних наконечників (рис. 1.3). Магнітні зерна притягуються до виступів валків, які обертаються, і виносяться із

зазору за межі магнітного поля, де обсіпаються під дією сили тяжіння в магнітний продукт (м). Завдяки описаній вище конструкції полюсних наконечників, до валків можуть бути притягнені навіть ті магнітні зерна, які рухаються безпосередньо по поверхні западин. Немагнітні зерна до валків не притягуються й по западинах полюсних наконечників зісковзують у немагнітний продукт (н) сепарації.

Магнітний продукт після виходу з магнітного поля відділяється від виступу валка вниз у вигляді віяла. У нижній частині віяла рухаються переважно найбільш слабомагнітні зерна, зростки й зерна немагнітного матеріалу. Цю частину віяла відтинають за допомогою шибера 3 і направляють у немагнітний продукт або в промпродукт (пп) для перетищення.

Магнітна система сепаратора має потужність 8 кВт і створює середню індукцію в зазорі 1,2 Тл. На вершинах виступів валків індукція досягає 1,7 Тл. Сепаратор має два електродвигуни для обертання валків потужністю по 7 кВт. Таким чином, сумарна потужність сепаратора становить 22 кВт. Маса сепаратора 8 т.

Сепаратор 2ЕВС-36/100 має нижню подачу живлення й працює в режимі вилучення магнітних зерен. У такому режимі легше одержати чистий магнітний продукт, ніж високе вилучення магнітних зерен. Це пояснюється тим, що матеріал, який збагачується, рухається по дну западини, де магнітні сили мінімальні. Тому в першу чергу вилучаються найбільш чисті магнітні зерна. Крім того, при виході магнітних зерен вгору із шару збагачуваного матеріалу механічний захват ними немагнітних зерен є незначним.

Для збагачення або очищення матеріалів, що містять малу кількість дуже тонких і слабомагнітних зерен, створені електромагнітні індукційно-роликові й індукційні валкові сепаратори з верхньою подачею живлення. Для створення неоднорідності магнітного поля поверхня ролика може мати виступи й западини або ролик може бути виконаний із магнітних і немагнітних кілець, що чергуються. Як матеріал для магнітних кілець використовується магнітом'яка сталь.

Матеріал, що збагачується, подають на ролик зверху. У цьому випадку він відразу надходить в область найбільших магнітних сил. При обертанні ролика немагнітні зерна видаляються у немагнітний продукт, а магнітні – утримуються на

ролику до його виходу з магнітного поля, де під дією сили тяжіння видаляються в магнітний продукт (рис. 1.5). Верхня подача матеріалу забезпечує сприятливі умови для одержання високого вилучення магнітних зерен. Якість магнітного продукту при цьому нижче, тому що магнітні зерна, які притягнуті, защемляють немагнітні і теж виносять їх в магнітний продукт.

На рис. 1.5 наведена схема електромагнітного індукційного роликівого сепаратора з верхньою подачею живлення, що випускається американською фірмою Карпко. Схеми міжполюсного зазору і сепаратора надані по книзі Я. Свободи [1].

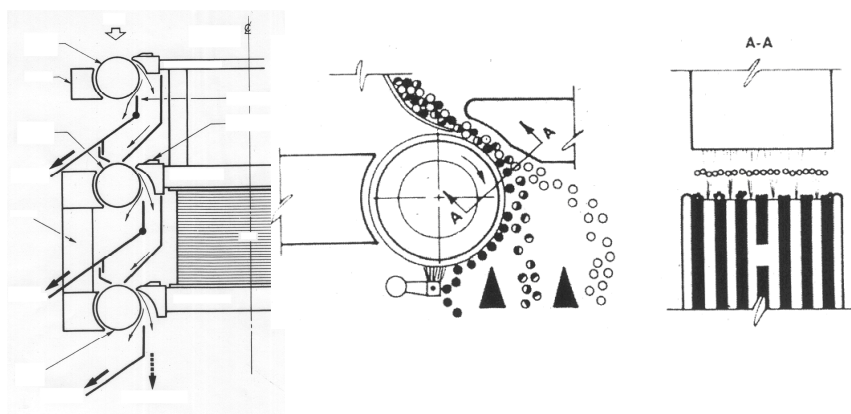


Рисунок 1.5 – Схема магнітної системи та руху матеріалу в робочому просторі індукційно-роликівого сепаратора Карпко

Високоінтенсивна магнітна сепарація слабомагнітних руд на індукційних валкових і роторних сепараторах включає притягнення магнітних зерен до виступів валків або феромагнітних пластин і безперервне видалення притягнутих зерен із зони сильного магнітного поля для їхнього наступного розвантаження в магнітний продукт. Для забезпечення цього видалення сепаратори обладнані складними й дорогими валками й роторами, приводами й підшипниками. В індукційних валкових сепараторах значна частина споживаної потужності (60...70 %) витрачається не на вилучення магнітного продукту, а на обертання валків.

Ціна пристроїв, які обертаються, приводів і підшипників досягає 50 % і більше загальної ціни сепаратора. У випадку валкового сепаратора збагачуваний матеріал рухається у вузькому зазорі між поверхнею полюсного наконечника й валка, що обертається з великою швидкістю. Це приводить до швидкого абразивного зносу

виступів валка зернистим матеріалом. У результаті змінюється профіль виступів і, як наслідок, знижується вилучення магнітних зерен.

Таблиця 1.1 – Споживання енергії валковими сепараторами

Марка сепаратора	Збагачуваний матеріал	Потужність			
		Загальна, кВт	Магнітної системи, кВт	Привід валків	
				кВт	% від загальної
4ЕВМ-40/250	Мокрий шлам марганцевої руди	58	14	44	> 75
2ЕВС-38/100	Сухі мінеральні піски	32	10	22	70

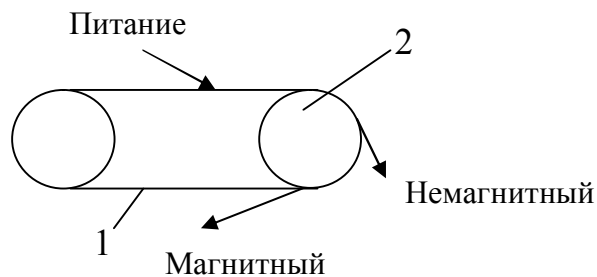
*Роликові сепаратори на сильних магнітах.*

*Стрічковий роликовий сепаратор.*

Уперше такий роликовий сепаратор із самарій-кобальтовими (SmCo) магнітами був розроблений доктором Янів (Dr. Yaniv) в 1980 році. У тому ж році сепаратор одержав подальший розвиток у розробках фірми E. L. Bateman Ltd, що оснастила його сильними магнітами на основі Nd – Fe – В [2]. Загальна схема роликового сепаратора наведена на рис 1.6. Матеріал, що збагачується, подається на стрічку 1. Тяговий ролик 2 є одночасно магнітною системою, що створює магнітне поле навколо всієї поверхні ролика. Магнітний ролик (рис. 1.7) являє собою набір залізних дисків 1, що послідовно чергуються, і дисків з постійних магнітів 2. Магніти, що прилягають з двох сторін до однієї пластини, звернені один до одного однойменними полюсами. Все магнітне поле, яке створене двома суміжними магнітами 1, входить у розташований між ними залізний диск 2 і виходить через торці цього диска. Таким чином, магнітне поле, зібране з великої площі бічної поверхні магнітних дисків, концентрується на периферійних торцях залізних дисків, що мають малу площу.

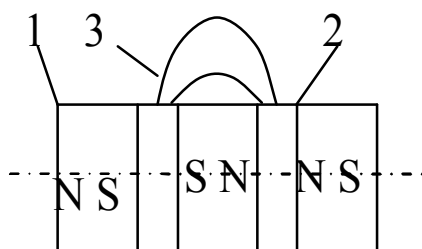
Це дозволяє, наприклад, при використанні сильних магнітів на основі Nd-Fe-B створювати індукцію на торцях залізних дисків, тобто на поверхні ролика, до 2 Тл. Магнітні лінії 3 замикаються на два найближчих суміжних залізних диски.

Матеріал, що збагачується, з живильника надходить на стрічку (рис. 1.6) і разом з нею обгинає магнітний ролик, який обертається.



- 1 – стрічка;
- 2 – ролик

Рисунок 1.6 – Схема стрічкового роликового сепаратора



- 1 – залізні диски;
- 2 – постійні магніти;
- 3 – магнітні лінії

Рисунок 1.7. – Схема орієнтації полюсів магнітів роликового сепаратора

Магнітні зерна під дією магнітної сили притискаються до стрічки, а немагнітні – обпадають у немагнітний продукт сепарації. У місці відділення стрічки від ролика магнітні зерна виходять із магнітного поля й під дією сили тяжіння обпадають у магнітний продукт. На рис. 1.8 наведений загальний вид трьохроликового промислового стрічкового сепаратора фірми Ириз Магнетикс.





Рисунок 1.8 – Трьохроликовий стрічковий сепаратор фірми Ириз Магнетикс

Застосовують ролики діаметром від 70 до 300 мм і довжиною до 1500 мм. Співвідношення товщини залізного й магнітного кілець 1:4. Залізні кільця роблять із м'якої сталі. Застосування спеціальних сталей переваг не дає. На рис. 1.9 приведена залежність магнітної індукції від відстані до поверхні ролика. Якщо індукція на поверхні залізних дисків становить 1,4 Тл, то з віддаленням від поверхні ролика вона швидко падає й уже на віддаленні 150 мікронів вона зменшується до 1,1 Тл. Ще швидше падає індукція, якщо на поверхні залізного диска вона була 1,9 Тл.

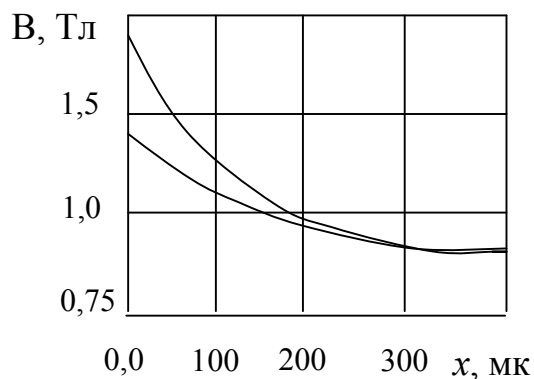


Рисунок 1.9 – Залежність величини індукції від відстані до поверхні ролика

Щоб одержати як можна більш високу індукцію на поверхні стрічки, її виготовляють із тонкого міцного зносостійкого матеріалу тевлар. Товщина стрічки 0,125 мм і більше. Термін служби такої стрічки не перевищує 2...3 місяців. Вартість стрічки шириною 1 м досягає 800...1000 доларів. Товсті стрічки виготовляють із гуми. Швидкість руху стрічки 0,3 – 0,4 м/с.

Перевагою стрічкового роликового сепаратора є відносно висока магнітна індукція в зоні сепарації, а також малі вага й габарити. Це дозволяє мати модульне компонування сепаратора, набираючи по вертикалі стільки модулів, скільки необхідно для очищення немагнітного продукту від магнітної фракції.

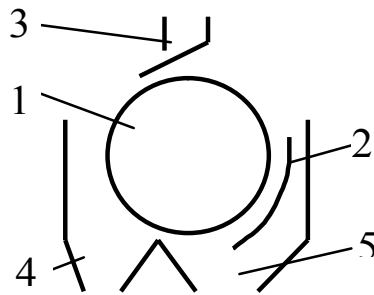
При збагаченні на роликових сепараторах притягнуті магнітні зерна не проходять послідовно повз декілька полюсів перемінної полярності, як це має місце на барабанних сепараторах. Матеріал, притягнутий до ролика, при переміщенні разом з роликом, що обертається, увесь час перебуває в того самого полюса. Тому шар магнітних зерен не піддається магнітному перемішуванню. Немагнітні зерна, які захоплені магнітним матеріалом, не вивільнюються й надходять у магнітний продукт. Чим більше вміст магнітної фракції в збагачуваному матеріалі, тим більше немагнітних зерен потрапляє у магнітний продукт. Тому головною галуззю використання стрічкового роликового сепаратора є очищення матеріалів від магнітних домішок. Галузь ця дуже широка. В усьому світі сепаратор застосовують при очищенні кварцового піску для скляної промисловості, для очищення польових шпатів при виробництві кераміки, при вторинній переробці різних матеріалів. Продуктивність сепаратора залежить від магнітних властивостей і крупності збагачуваного матеріалу. Наприклад, при очищенні кварцового піску вона становить 2...6 т/год на один метр ширини ролика. Застосування роликових сепараторів замість електромагнітних дозволяє на 80...90 % знизити споживання енергії.

*Роликовий сепаратор з електричним зніманням магнітного продукту.*

У стрічковому роликовому сепараторі зовнішня поверхня стрічки, на яку подає збагачуваний матеріал і де відбувається процес сепарації, віддалена від поверхні ролика на відстань, що дорівнює товщині стрічки. Тому в зоні сепарації індукція не перевищує 1,2...1,5 Тл, незважаючи на те, що на поверхні ролика індукція досягає 1,8...1,9 Тл. Через це стрічку прагнуть зробити як можна меншої товщини. Для вилучення найбільш слабомагнітних зерен застосовують сепаратори з товщиною стрічки 130...150 мікрон. Експлуатація стрічкових сепараторів ускладнюється сходом стрічки з роликів, попаданням магнітного матеріалу під стрічку на магнітний ролик, швидким зносом дорогої стрічки, особливо тонкої.

Перераховані недоліки стрічкових роликових сепараторів відсутні в роликових магнітних сепараторів РСТ із електричним зніманням магнітного продукту [3].  
Схема сепаратора наведена на рис. 1.10.

Сепаратор включає електропровідний магнітний ролик 1, немагнітний електрод 2, живильник 3, пристрів для прийому немагнітного 4 і магнітного 5 продуктів сепарації. Ролик і електрод підключені до різнойменних клем джерела високої напруги.



- 1 – електропровідний магнітний ролик;
- 2 – немагнітний електрод;
- 3 – живильник;
- 4 – пристрій для прийому немагнітного продукту;
- 5 – пристрій для прийому магнітного продукту

Рисунок 1.10 – Схема роликового сепаратора РСТ із електричним зніманням магнітного продукту

Принцип дії сепаратора полягає в наступному. Сухий зернистий матеріал, що є сумішшю магнітних і немагнітних зерен, подається з живильника 3 на ролик 1. Немагнітні зерна не втримуються на ролику, що обертається, і обсипаються у пристрій для прийому немагнітного продукту 4. Магнітні зерна під дією магнітної сили утримуються на ролику й при його обертанні виходять із зони розвантаження немагнітного продукту й входять у зону електричного поля, що створюється між електропровідним магнітним роликом 1 і електродом 2. Ролик підключений переважно до клеми позитивного заряду джерела високої напруги, а електрод – до негативної клеми. Оскільки ролик заряджений позитивно, те електрони магнітних зерен переходять на ролик і ці зерна одержують позитивний заряд, тобто такий самий, як і ролик. Тому вони відштовхуються від ролика й рухаються до електрода. Оскільки електрод виконаний з немагнітного матеріалу, то магнітні зерна не утримуються на ньому й обсипаються у пристрій для прийому магнітного продукту 5. Перескакування окремих магнітних зерен між роликом і електродом може відбуватися багаторазово.

У цих сепараторах збагачуваний матеріал подають безпосередньо на відкриту поверхню ролика, де магнітна індукція досягає 1,8...1,9 Тл.

Загальний вид двохроликового сепаратора РСТ із довжиною роликів 100 мм наведений на рис. 1.11.



Рисунок 1.11 – Роликовий сепаратор РСТ із електричним зніманням магнітного продукту

Вище роликів видно барабанний сепаратор з індукцією на поверхні барабана 0,36 Тл. Збагачуваний матеріал надходить на барабан, де видаляються зерна з підвищеною магнітною сприйнятливістю. Далі послідовно на двох роликах відбувається очищення матеріалу від слабомагнітних зерен. Показники очищення залежать від властивостей збагачуваного матеріалу й продуктивності.

*Сухий електромагнітний роторний сепаратор.*

Сепаратор ЕРС (рис. 1.12) складається із установлених на одному вертикальному валу роторів (1 або 2), які розміщені між полюсами електромагнітних систем. Кожний ротор виконаний у вигляді плоского диска з магнітом'якої сталі. Магнітне поле, яке створюється електромагнітними системами, замикається по роторах. По периферії кожного ротора розташовані матриці вертикальних пластин з виступами й западинами (рис. 1.13).

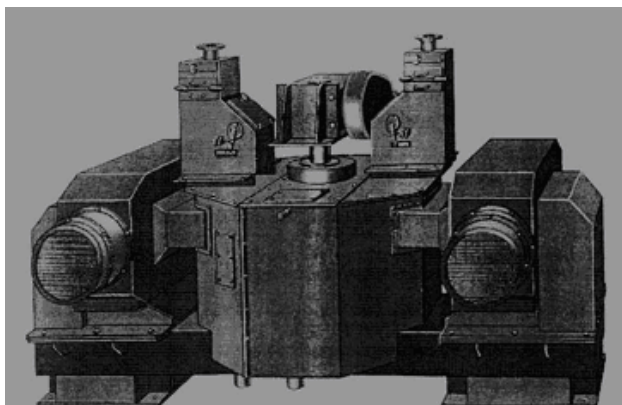


Рисунок 1.12 – Сепаратор 1,2 EPC

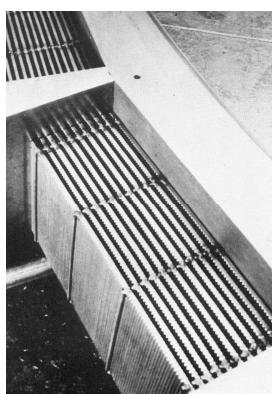


Рисунок 1.13 – Матриця сепаратора з рифленими пластинами

При обертанні ротора матриці входять у зону магнітного поля, де на них з живильника подається збагачуваний матеріал. Після виходу із зазорів матеріал надходить на матриці нижнього ротора, де процес повторюється. Матеріал, що вийшов з матриць нижнього ротора, видаляється в немагнітний продукт. Магнітні частки, що притяглися до пластин, виносяться ротором із зони сильного магнітного поля. Видалення магнітних часток (магнітний продукт) відбувається на ділянці зміни полярності й перемагнічування пластин при переході пластин через нульове магнітне поле. Чисті матриці входять у зону магнітного поля другої магнітної системи, де процес повторюється.

#### *Бар'єрний електромагнітний сепаратор.*

Одним з найбільш перспективних високоінтенсивних магнітних сепараторів для сухого збагачення зернистих матеріалів є бар'єрний сепаратор. Сепаратор відрізняється тим, що в ньому відсутній ротор, що обертається. Це знижує

енерговитрати на збагачення слабомагнітної сировини й підвищує надійність роботи сепаратора (відсутні підшипникові вузли, які є слабким місцем роторних сепараторів).

Метод бар'єрної сепарації полягає в наступному. У деякій області простору створюється неоднорідне магнітне поле, градієнт якого спрямований вгору. На поміщене в цю область магнітне зерно діє спрямована вгору магнітна сила. Це так званий магнітний бар'єр. Немагнітні зерна під дією сили тяжіння вільно проходять крізь магнітний бар'єр вертикально униз і видаляються в немагнітний продукт. Магнітні зерна не можуть проникнути крізь магнітний бар'єр. Тому вони зісковзують по магнітному бар'єру в магнітний продукт сепарації. У лабораторному й промисловому бар'єрному сепараторах в якості феромагнітні тіла використовуються феромагнітні пластини 1, поперечний розріз яких наведений на рис. 1.14.

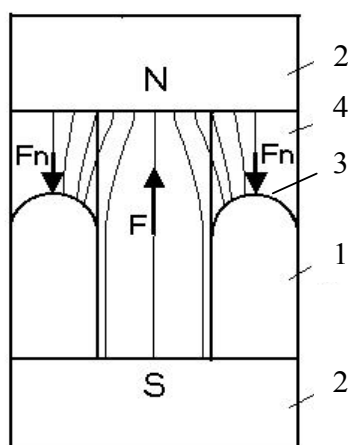


Рисунок 1.14 – Схема формування магнітних полів і магнітних сил у каналі бар'єрного сепаратора

Пластини встановлені із зазором відносно одна однієї. Набір таких пластин називається матрицею. Матриця встановлена в зазорі між полюсними наконечниками 2 магнітної системи. Передня кромка 3 кожної феромагнітної пластини закруглена в поперечному перетині. У просторі вона орієнтована під гострим кутом до вертикалі й під прямим кутом до напрямку магнітного поля. Кожна така кромка має пластину 4 з немагнітного матеріалу, що примикає до неї. Ця

немагнітна пластина закриває собою область дії найбільш сильних магнітних сил, що притягують,  $F_n$ . Дві суміжних пари магнітних і немагнітних пластин формують своїми стінками один сепараційний канал.

Сутність формування магнітної сили  $F$  магнітного бар'єра на феромагнітних пластинах та ж, що й на феромагнітних тілах. Більш спрощено причину її виникнення можна викласти таким чином. Магнітне поле, що створюється магнітною системою 2, концентрується на округлених кромках 3 феромагнітних пластин 1. Із рис. 1.14 видно, що для створення цієї концентрації частина магнітного потоку зміщається із зазору між пластинами 1 і входить всередину пластин. Оскільки магнітний потік у просторі між пластинами зменшується, то зменшується й магнітна індукція. У поверхні полюсного наконечника, що на рисунку розташований над феромагнітними пластинами, магнітний потік розподілений рівномірно. Тому індукція в зазорі між феромагнітними пластинами стає менше, ніж у верхнього полюсного наконечника напроти зазору. При такому розподілі індукції градієнт магнітного поля, а отже, і магнітна сила, спрямовані вгору із зазору між феромагнітними пластинами.

На рис. 1.15 приведений подовжній розріз каналу 1 бар'єрного сепаратора з подовжньою подачею живлення. Стінки, дно й стеля кожного каналу мають гладкі поверхні. На шляху руху по каналу зерен збагачуваного матеріалу немає ніяких механічних перешкод.

Завдяки описаній вище конструкції стінок створюється градієнт магнітного поля, спрямований від дна перпендикулярно напрямку потоку матеріалу, який сепарується і рухається усередині каналу. Область магнітного бар'єру розташована вище дна й тягнеться на всю довжину каналу. Канал розташований між полюсними наконечниками 2 магнітної системи. Матеріал 3, що підлягає збагаченню, подається в канал вище області магнітного бар'єру 4. Немагнітні зерна 5 проходять крізь магнітний бар'єр



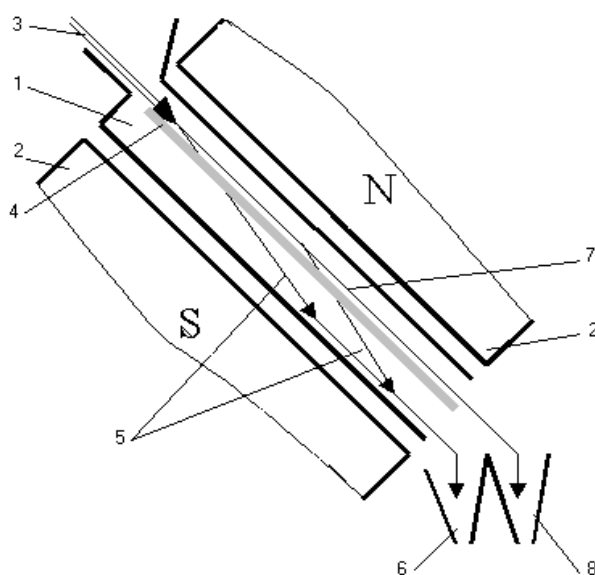


Рисунок 1.15 – Схема матриці бар'єрного сепаратора з подовжньою подачею живлення

на дно каналу й по ньому зісковзують униз у приймач 6 немагнітного продукту. Магнітні зерна 7 не можуть проникнути крізь магнітний бар'єр. Тому вони зісковзують униз над магнітним бар'єром у приймач 8 для магнітного продукту. Таким чином, завдяки магнітному бар'єру потік збагачуваного матеріалу розділяється на потоки магнітних і немагнітних частинок.

Схема й загальний вид промислового двох'ярусного бар'єрного сепаратора БСТ наведені на рис. 1.16 і 1.17.

Сепаратор має два прийоми бар'єрної сепарації в описаних вище похилих матрицях 1. Матриці розташовані між полюсними наконечниками 2 і замикаючими магнітопроводами 3. Над матрицями розташовані скальпуючі індукційні ролики 4, призначені для видалення зерен з підвищеною магнітною сприйнятливістю. Діаметр роликів 0,1 м. На поверхні роликів є виступи й западини. Магнітне поле в матрицях створюється електромагнітними котушками 5. Середнє значення індукції в каналі матриці складає 1,2 Тл. До індукційного скальпуючого ролика магнітне поле підводиться по феромагнітній пластині 6.

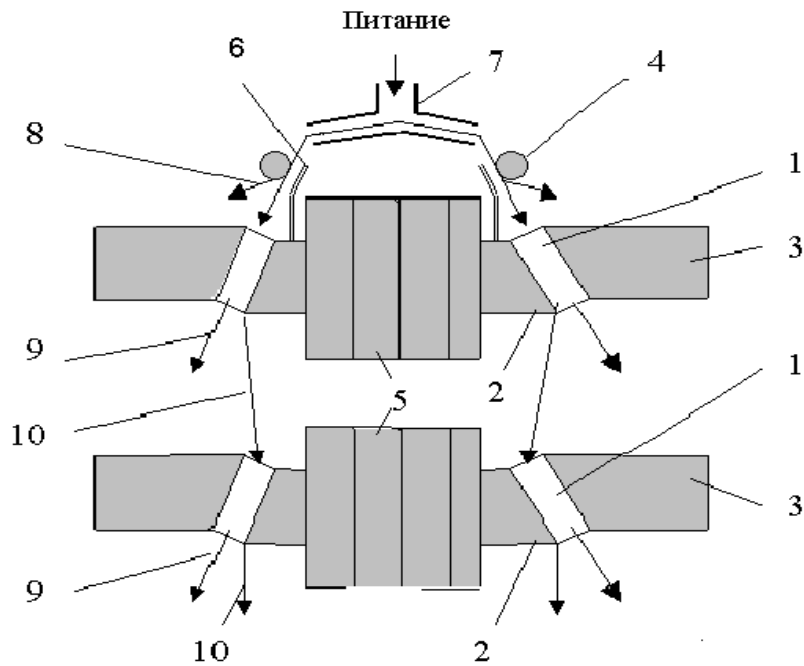


Рисунок 1.16 – Схема двох'ярусного бар'єрного сепаратора

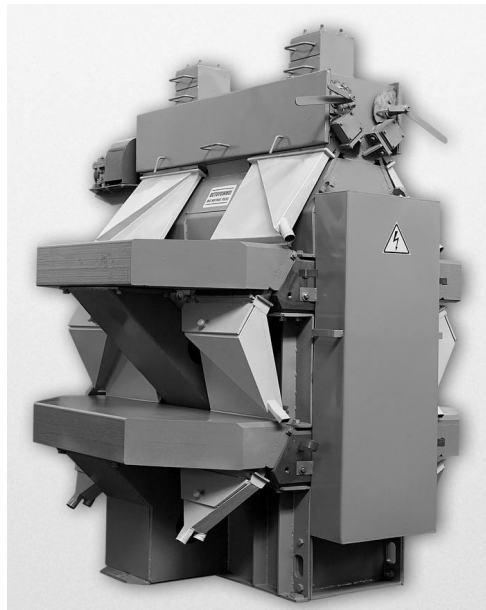


Рисунок 1.17 – Загальний вид двох'ярусного бар'єрного сепаратора БСТ

Матеріал, що підлягає збагаченню, з живильника 7 подається в зазор між скальпуючим роликом і пластиною 6. Потік частинок 8 з підвищеною магнітною сприйнятливістю спрямовується в магнітний продукт. Решта матеріалу поступає у

канали матриць для бар'єрної сепарації. Будь який з одержуваних продуктів, магнітний 9 або немагнітний 10, може направлятися для перочищення на наступний прийом бар'єрної сепарації.

Вага двох'ярусного сепаратора 10 т. Максимальна споживана потужність 9 кВт. Одна матриця має ширину 0,5 м. Живлення подається одночасно на чотири полюсних наконечники.

У відповідність із завданням будуть виконуватися дослідження із сухого збагачення зернистих слабомагнітних матеріалів. При цьому руди з високим вмістом магнітного компонента будуть піддаватися збагаченню (розподілу) по магнітних властивостях, а матеріали з низьким вмістом магнітних компонентів будуть піддаватися магнітному очищенню. Застосування того або іншого сепаратора буде залежати від поставленого завдання.

З виконаного огляду виходить, що барабанний магнітний сепаратор навіть із сильними (Nd-Fe-B) магнітами не дозволяє отримати індукцію на поверхні барабана вище за 0,7 Тл. Тому він не прийнятний для рішення поставленого завдання.

Індукційні електромагнітні валкові й роликові сепаратори мають індукцію до 1,2 Тл, однак вони не мають магнітного перемішування, наслідком чого є низька якість магнітного продукту. Такий самий недолік (відсутність магнітного перемішування) має роторний сепаратор. При цьому індукція в його робочій зоні також не перевищує 1,2 Тл, тому що він має електромагнітну систему із залізними магнітопроводами. У зв'язку із цим метод збагачення на електромагнітному роторному сепараторі в цих дослідженнях нами застосовуватися не буде.

При очищенні матеріалів з низьким вмістом магнітної фракції дослідження будуть виконуватися на роликовому магнітному сепараторі із сильними (Nd-Fe-B) магнітами, тому що він має дуже велику магнітну силу (індукція до 1,8...2,0 Тл), хоча й не має магнітного перемішування. Остання обставина навіть при відносно високому вмісті магнітного компоненту приводила б до захвату магнітними частинками немагнітної фракції й втраті її в магнітному продукті.

Для розподілу руд з високим вмістом магнітного компоненту доцільно досліджувати можливість застосування методу бар'єрної сепарації. Цей метод

забезпечує індукцію в робочій зоні 1,2 Тл. Але за принципом дії в бар'єрному сепараторі не відбувається притиснення магнітного продукту до якої небудь стінки. Магнітний продукт перебуває у зваженому стані над магнітним бар'єром і тому він не перешкоджає видаленню немагнітних часток у немагнітний продукт.

## 2 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СЕПАРАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ. АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБАГАЧУВАНOSTІ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ ПРОХЛОР-ЦИРКОНОВИХ РУД ТА ЦИРКОНОВИХ ПРОМПРОДУКТІВ НА СУХИХ СЕПАРАТОРАХ З СИЛЬНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

### 2.1 Аналіз сучасного сепараційного обладнання для переробки твердих побутових та промислових відходів

В останні роки дослідницькі роботи спрямовані на застосування методу ЕС при переробці вторинної сировини для механізації вилучення часток кольорових металів. При розробці родовищ корисних копалин можливості використання описаного методу сильно обмежені, через значно більшу низьку електропровідність природних руд у порівнянні з одержуваними з них металами. Виключення становлять самородні метали й піски дорогоцінних металів.

Метод ЕС є перспективним для рішення згаданих завдань, тому що при поділі тут використовується фундаментальна фізична ознака металів – електропровідність, і, у силу цього, більше універсальним у порівнянні із гравітаційними методами й аеросепарацією.

При зіставленні ЕС із електростатичної на перший погляд здається, що фізичними методами вирішується одне завдання – поділ матеріалів за електропровідністю. Однак при реалізації конкретних пристроїв виявляється, що саме в силу розходжень у фізичному принципі поділу в одному й іншому випадках границя поняття провідник-непровідник зовсім різний. Якщо в електростатичній сепарації до провідників відносять мінерали з електропровідністю не менш 10 Ом м, те на існуючих пристроях ЕС у провідну фракцію вдається виділити матеріали з електропровідністю не менш 10 Ом м, а також розділити немагнітні метали по електропровідності, що здійснити електростатичною сепарацією неможливо.

Існуюче обмеження за крупністю сировини при електростатичної сепарації, не має місця при ЕС. Навпроти, при ЕС складності технічного характеру зростають зі зменшенням крупності сировини.

Розглядаючи області можливого використання сепарації, можна виділити два досить самостійних завдання: вилучення кольорових металів із суміші і їхній розподіл між собою. Перша з названих завдань зустрічається при переробці твердих побутових відходів, де кольорові метали представлені в основному алюмінієвими сплавами (на першому етапі переробки немагнітних промислового сміття на підприємствах "Вторчермет" для вилучення залишків лиття з формувальних сумішей і т.п. ). Друге завдання, більш складне, потребує попередньої підготовки сировини й певної контрастності електромагнітних властивостей поділюваних металів, має місце, зокрема, на підприємствах "Вторцветмет".

При розгляді тимчасових режимів доцільно виділяти сепаратори з неперериваним, короткочасним і імпульсним порушенням ЕМП у зоні сепарації. Короткочасний і імпульсний режими варто використовувати при низькому рівні вмісту металів у вихідній сировині. Порушення ЕМП у цьому випадку здійснюється за сигналом металошукача. Короткочасним називається режим, при якому поле збуджується до моменту влучення об'єкта вилучення в зону сепарації, а припиняється після закінчення процесу вилучення частки із суміші. Імпульсним варто вважати режим сепарації, коли ЕМП створюється на короткий проміжок часу, початок якого збігається з моментом влучення електропровідного об'єкта в зону найбільш високих значень електродинамічних зусиль, а тривалість не перевищує часу знаходження частки в цій зоні.

Використання короткочасного й особливо імпульсного режимів дозволяє підвищити економічність процесу поділу й домогтися отримання винятково високих значень електродинамічних зусиль.

Переходячи до класифікації сепараторів по просторово-геометричним характеристикам, слід попередньо зазначити, що здійснюючі сепарацію електродинамічні сили мають значно нижчі значення в порівнянні з магнітними силами, що діють на феромагнітні тіла в тій же області ЕМП.

Ефективний і економічний поділ часток в електродинамічних сепараторах можливий при максимальному наближенні вихідного матеріалу до джерела поля, що стосовно до сипучої сировини, досягається моношаровим його розподілом у зоні сепарації. Таким чином, тут доцільно говорити про площину поділу матеріалів або площини сепарації.

По способу подачі сировини в зону сепарації можна виділити три групи пристроїв: сепаратори з подачею сировини на горизонтальному транспортуючому органі (конвеєрна стрічка, віброживильник); пристрою з поділом часток у вільному падінні: пристрою, що використовують похилу площину, по якій частки ковзають у зону сепарації. При використанні транспортуючого органа вилучення електропровідних часток здійснюється в площині сепарації під деяким кутом до напрямку руху сировини на транспортері, що характеризується тривалим часом вилучення й негативних явищ, пов'язаними із зіткненням часток, що вилучаються, з іншими.

Подача сировини в зону сепарації у вільному падінні дозволяє здійснювати потяг часток у напрямку, перпендикулярному площині сепарації, при цьому поділ здійснюється в стаціонарному змінному неоднорідному ЕМП. Недоліки такого способу подачі: складно організувати моношаровий розподіл сировини на площині сепарації й максимальне наближення всіх часток до джерела поля; при сепарації часток з істотною анізотропією форми, орієнтація яких у зоні сепарації хаотична, відбувається значний розкид значень електродинамічних зусиль на однакові частки.

У значній мірі усунути недоліки дозволяє використання пристроїв з похилою площиною. При цьому можливий вилучення часток у напрямку, перпендикулярному площині сепарації й забезпечення моношарової подачі сировини. Усувається й недолік, обумовлений анізотропією форми електропровідних часток, оскільки перпендикулярна похилої площини складова сили ваги не дорівнює нулю, внаслідок чого частка своєю максимальною площиною лягає на поверхню індуктора.

По характеру зусиль, що вилучають, можна виділити сепаратори із транспортуванням часток, що вилучаються, з гальмуванням часток, що вилучаються, з відштовхуванням часток від джерела поля і притяганням часток до

джерела. Реалізація сепаратора із притяганням часток досить скрутна, оскільки зона зусиль, що притягають, мала, а їхня величина значно нижче відштовхуючих, що діють за межами цієї зони. Транспортування й гальмування часток, що вилучаються, характерні для сепараторів із ЕМП, що біжить, а відштовхування й притягання – для сепараторів, що використовують стаціонарне ЕМП.

За способом створення поля варто виділити пристрої з електромагнітами й постійними магнітами. Електромагнітні пристрої створення поля, що біжить, можна, у свою чергу, розділити на багатофазні нерухливі індукторні системи (найбільш характерне виконання – статор лінійного електродвигуна) і механічне переміщення електромагнітів постійного струму. Постійні магніти, з метою створення поля, що біжить, укладаються з полярністю, що чергується, на поверхні диска, ролика (для здійснення їхнього переміщення щодо вихідної суміші), або на поверхні нерухливої площини, щодо якої рухається сировина. Відзначимо, що при використанні постійних магнітів є істотне обмеження на величину електродинамічних зусиль у силу наявності граничної величини залишкової індукції у відомих магнітотвердих матеріалів.

Кількість технічних рішень по реалізації сепараторів зі стаціонарним ЕМП значно менша в порівнянні із пристроями, що використовують поле, що біжить. Таке співвідношення пояснюється цілим рядом причин. По-перше, у сепараторів зі стаціонарним полем принципово відсутня ознака переміщення ЕМП, варіація якого дає цілий спектр технічних рішень для сепараторів з полем, що біжить. По-друге, не існує принципової можливості створити стаціонарне ЕМП із постійних магнітів, а саме пристрою сепарації з постійними магнітами становлять більшу частину рішень із використанням поля, що біжить, що обумовлено відсутністю в необхідності електроживлення сепаратора. Крім того, при використанні сепараторів з полем, що біжить, немає необхідності в самій незначній пері будівлі технологічного процесу в наявних технологічних лініях переробки вторинної сировини.

Електродинамічна сепарація здійснюється за розходженням в здатності матеріалів проводити електричний струм і застосовується для вилучення немагнітних металів з різних сумішей. З відомих у цей час способів



електродинамічної сепарації в окремий підклас можуть бути виділені пристрої з імпульсним порушенням електромагнітного поля (ЕМП) у зоні поділу матеріалів. Імпульсним порушенням варто вважати створення ЕМП у зоні сепарації на короткий проміжок часу, початок якого збігається з моментом влучення електропровідних об'єктів в область найбільш високих значень електродинамічних зусиль, і переривання ЕМП у момент виходу об'єкта із цієї області. За результатами практичних досліджень встановлено, що тривалість імпульсу для завдань вилучення кольорових металів доцільно встановлювати в межах 1...10 мс.

Для керування роботою імпульсного сепаратора бажане застосування датчика наявності металу в зоні сепарації (металошукача), що дозволить правильно влаштувати процес вилучення.

З метою найбільш повної реалізації переваг імпульсної електродинамічної (ІЕД) сепарації тут використовується змінне неоднорідне ЕМП, що не переміщається (стаціонарне). Використання стаціонарного поля дозволяє реалізувати конструкцію електродинамічного сепаратора з вилученням електропровідних часток перпендикулярно площини транспортування вихідної суміші. Основними характеристиками поля, що генерується, що визначають кількісно і якісно процес сепарації, є: інтенсивність ЕМП (величина магнітної індукції), зміна ЕМП у часі (частота змінного поля), розподіл ЕМП в просторі (ступінь неоднорідності поля в обсязі частки).

Як джерела поля при ІЕД-сепарації застосовуються електромагніти змінного струму.

Використання феромагнітних сердечників тут не призводить до значного збільшення поля в силу розімкнення магнітного ланцюга – ознаки, принципово необхідної для ЕД- сепараторів. Відомо, що наявність заліза в статорі ЛАД дає збільшення індукції лише в 2 рази (для порівняння – у замкнутій магнітній системі індукція зростає на кілька порядків). У той же час застосування магнітопроводу спричиняє появу втрат у матеріалі, а також призводить до обмеження величини магнітної індукції в зоні сепарації, обумовленому насиченням магнітопроводу. Вплив названих негативних факторів різко зростає зі збільшенням частоти змінного

струму й приводить до необхідності застосування феритів, індукція насичення яких не перевищує 0,2...0,25 Тл. Таким чином, область застосування індукторів ЕМП із сердечниками сильно обмежена, особливо для сепараторів з високою робочою частотою.

Розглянемо найбільш істотний недолік пристроїв ЕД-сепарації з безперервним стаціонарним змінним ЕМП. Якісна картина розподілу потенційного магнітного тиску, що у принципі зберігається незалежно від способу створення поля, представлена на рис. 2.1 Тут же показані лінії, що позначають площини рівного магнітного тиску, напрямком якого перпендикулярно площини в кожній крапці. Щільність ліній відбиває величину енергії поля в обсязі простору й градієнт магнітного тиску. Неважко побачити, що при подачі матеріалу до джерела поля електропровідні частки не попадають у зону найбільш інтенсивного ЕМП, а відхиляються на підході до цієї зони. Сепарація здійснюється зусиллями більше слабкими, ніж ті, які можливі в цій же зоні сепарації. При цьому збільшення магнітної індукції не призводить до збільшення зусилля, що вилучає, а лише віддаляє від джерела поля область силового впливу. При ближчому розгляді стає ясным, що даний недолік обумовлений безперервністю порушення ЕМП, а найбільш ефективний шлях його усунення – застосування імпульсного порушення поля.

ІЕД-сепарація припускає порушення змінного ЕМП, у момент, коли об'єкт вилучення перебуває в зоні найбільш інтенсивних зусиль і переривання поля при виході частки із цієї зони. При цьому здійснюється сепарація часток у зоні максимальних зусиль незалежно від інтенсивності поля, що обумовлює високу вірогідність вилучення й найбільш повне використання енергії магнітного поля індуктора (траєкторії руху електропровідних часток при безперервному й імпульсному порушенні ЕМП показані на рис. 2.1).

Застосування імпульсного поля уможливорює досягнення досить високих значень напруженості ЕМП і, отже, електродинамічних зусиль, недоступних при безперервному порушенні поля.

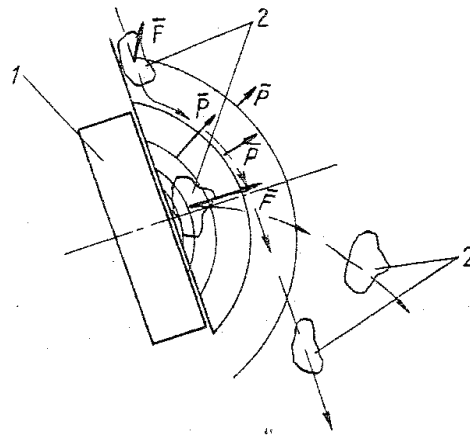


Рисунок 2.1 – Процес сепарації у неоднорідному стаціонарному полі

Сказане дозволяє зробити висновок про більш широкі технологічні можливості імпульсної сепарації (зокрема, застосування для захисту технологічного обладнання від влучення немагнітних металів і вилучення самородків з надрешіточного продукту на драгах).

Короткочасність силового впливу при імпульсній сепарації визначає високу швидкість процесу поділу й відкриває можливості для збільшення продуктивності сепараторів за вихідною сировиною. Час необхідної присутності об'єкта вилучення в зоні сепарації обмежується лише тривалістю імпульсу ЕМП.

При безперервному порушенні поля в ЕД – сепараторах досить бажано забезпечити повне знезалізнення вихідного продукту або передбачити спеціальні заходи для видалення чорних металів із зони сепарації, де вони залипають і нагріваються, перешкоджаючи нормальній роботі пристрою. Імпульсні сепаратори позбавлені цих вад. Застосування селективного металошукача для керування роботою імпульсного сепаратора взагалі виключає порушення поля при проходженні чорного металу, якщо ж при порушенні поля шматок заліза все-таки виявився в зоні сепарації, то він притягнеться до поверхні індуктора, а після закінчення імпульсу потрапить у бункер для неметалів.

Техніко-економічні переваги імпульсної сепарації пов'язані з тимчасовістю порушення поля, що дозволяє, застосовуючи накопичувач електричної енергії,

досягати високих значень енергії в імпульсі при незначному сталому споживанні її від живильної мережі.

До недоліків ЕД – сепараторів з імпульсним ЕМП можна віднести складність досягнення високої продуктивності по вилученню кольорових металів при збереженні всіх зазначених вище переваг. Тому, у першу чергу, імпульсні сепаратори повинні знайти застосування при вилученні кольорових металів з небагатих сумішей і при тяжких умовах вилучення часток.

При виборі технологічної схеми сепарації переслідувалася мета таких організацій процесу вилучення, при якій електропровідна частка вилучалася б з потоку в напрямку, перпендикулярному площині транспортування вихідної суміші. При такому вилученні частка випробовувала б мінімальний опір від зіткнення із сусідніми не електропровідними частками, що сприяло б достовірному її вилученню й низькому засміченню концентрату. Ще однією передумовою при виборі технологічної схеми було зниження негативного впливу сил тяжіння на процес вилучення.

Запропонована технологічна схема імпульсної сепарації представлена на рис. 2.2 Вихідна суміш живильником подається на похилу площину 1, у нижній частині якої встановлені послідовно датчик наявності кольорових металів 2 і індуктор імпульсного ЕМП 3, що харчується силовим блоком 4. При наявності в потоці частки кольорового металу датчик виробляє керуючий сигнал для силового блоку й, у момент влучення частки в оптимальну зону, генерується інтенсивний імпульс ЕМП, що призводить до відхилення електропровідної частки з потоку з наступним збором в окремий бункер 5.

Як транспортуючий орган обраний похила площина, оскільки в цьому випадку вдається забезпечити мінімальну величину зазору між суміші, що сепарується й джерелом поля й, крім того, у значній мірі усувається негативний вплив сил тяжіння на вилучення часток із суміші. Відзначимо, що сепарація часток у вільному падінні (коли кут нахилу площини дорівнює  $90^\circ$ ) недоцільна, оскільки в цьому випадку частки орієнтовані хаотично, обертаються, втрачають контакт із індуктором,

віддаляються від нього, тобто погіршуються умови електромагнітної взаємодії наведених вихрових струмів із зовнішнім ЕМП.

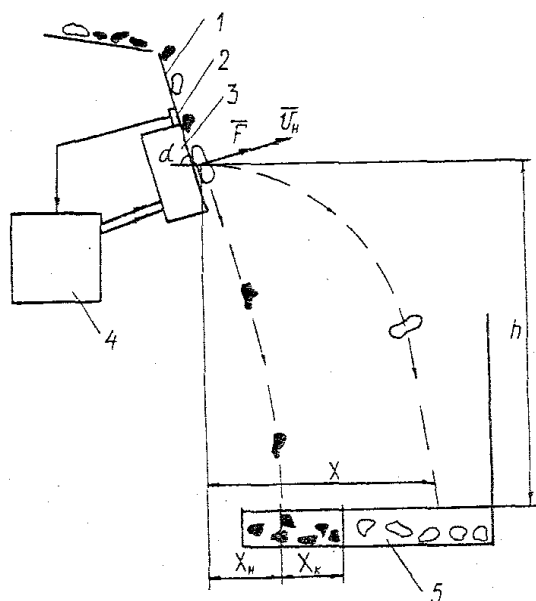


Рисунок 2.2 – Схема імпульсного електродинамічного сепаратора

Довжина похилої площини може бути обрана з умови забезпечення моношарової подачі матеріалу до індуктора, що досягається в результаті розповсюдження сировини при русі із прискоренням.

Приведемо основні положення розрахунку параметрів технологічної схеми сепарації, для чого скористаємося рис. 2.2.

Оскільки найбільш актуальним у цей час вважається застосування ЕД-сепарації в існуючих технологічних лініях, а також у силу обмеженості габаритних розмірів розроблювального встаткування, параметр схеми  $h$  (висота вільного польоту частки) при розрахунку приймається як заданий. Задаємося також величиною мінімального, необхідного для вилучення, відкидання частки з потоку  $x_0$  яка може бути визначена як сума координати крапки падіння не електропровідних часток  $x_H$  і значення верхньої границі класу крупності вихідної сировини  $x_K$ . Величина  $x_0$  визначає місце установки розділового ножа в прийомному бункері.

Розрахунковим параметром є величина початкової швидкості, що повинна бути повідомлена об'єкті в зоні сепарації за рахунок впливу електродинамічного зусилля  $F$  протягом імпульсу тривалістю  $\Delta t$  (2.1):

$$V_{H=Fm^{-1}} \Delta t \quad (2.1)$$

Рівняння швидкості дискретно, оскільки за час тривалості імпульсу розташування частки щодо джерела поля змінюється незначно й у цьому інтервалі можна вважати  $F=\text{const}$ .

Параметром, що оптимізує вважаємо кут нахилу площини до обрїю. Вираз для дальності відкиду частки має вигляд:

$$x = v_H^2 g^{-1} \sin \alpha \cos \alpha + v_H^2 g^{-1} \sin \alpha (2 g h v_H^{-2} + \cos^2 \alpha)^{0,5} \quad (2.2)$$

і записаний з урахуванням допущення, що до моменту імпульсу частка перебуває в стані спокою, що правомірно, оскільки швидкість ковзання частки в зоні сепарації значно менше швидкості тої ж частки при влученні в прийомний бункер і, крім того, при впливі ЕМП електропровідна частка гальмується над індуктором і тангенціальна складова її швидкості зменшується. У виразі (2.2) дотримується умова про напрямок зусилля, що вилучення є, строго перпендикулярно площини індуктора, що досягається конструкцією електромагнітної системи.

Оптимізація (2.2) за  $\alpha$  відомими методами дає максимальне значення для величини відкиду:

$$\begin{aligned} x &= v_H^2 g^{-1} (2 g h v_H^{-2} + 1)^{0,5} \\ \alpha &= \arccos (2 g h v_H^{-2} + 2)^{-0,5} \end{aligned} \quad (2.3)$$

З формули (2.3) визначають величину необхідної початкової швидкості для завданої величини  $x_0$ :

$$V_H = (g h ((x_0^2 h^{-2} + 1)^{0,5} - 1))^{0,5} \quad (2.4)$$

яка і є вихідним параметром для розрахунку індуктора й силового блоку сепаратора для того, щоб забезпечити необхідну величину зусилля  $F$  і тривалість імпульсу  $\Delta t$ . При цьому розрахунок зусилля повинен вироблятися для найбільш несприятливих об'єктів з погляду їхнього вилучення із суміші.

Реалізацію імпульсного сепаратора пропонується виконувати у відповідності зі структурною схемою, представленої на рис. 2.3. Конструктивний пристрій виконується із двох блоків. Перший являє собою генератор інтенсивних імпульсів струму із системою керування роботою сепаратора, а другий – індуктор ЕМП із параметричним датчиком наявності металу. Блок живлення (БЖ) призначений для узгодження власної напруги генератора з напругою живильної мережі, а також випрямлення струму для зарядки накопичувача електричної енергії (Н). Комутатор (ДП) виконує функції дозованої подачі електричної енергії до індуктора ЕМП. Блок керування (БК) обробляє вимірювальний сигнал вихретокового датчика й генерує сигнал, керуючий комутатором.

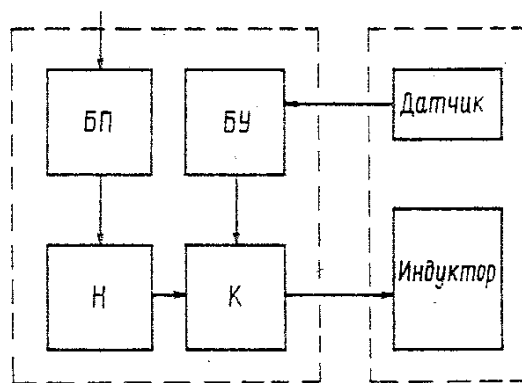


Рисунок 2.3 – Структурна схема імпульсного сепаратору

БЖ являє собою перетворювальний пристрій, що трансформує сітьову напругу промислової частоти у високу постійну напругу зарядки накопичувача. Перетворення може бути виконане на промисловій частоті 50 Гц із послідовним випрямленням, і введенням елементів, що обмежують струм (індуктивних або активних). Більш перспективним є застосування імпульсного високочастотного перетворення енергії з реалізацією оптимального режиму зарядки з постійної потужністю. Пристрій з високочастотним перетворенням у порівнянні із перетворювачами на промисловій частоті мають значно менші габаритні розміри й масу, а також більш високий ККД.

Як накопичувач доцільно використовувати ємнісні елементи конденсаторів, які здатні тривалий час зберігати заряд і дозволяють оперативно управляти розрядом.

Комутатор переважно виконується на основі напівпровідникових елементів – тиристорів і вентилів, які в порівнянні з газорозрядними приладами мають більш високу швидкодію, невеликий час відновлення й кращий масогабаритний показник.

Блок керування складається зі схеми обробки сигналу параметричного датчика й загальмованого блокінг-генератора, що управляє силовими тиристорами комутатора. Блок оснащений елементами індикації стану його вузлів і дозволяє здійснювати ручне керування сепаратором, що може знадобитися при налагодженні й експериментальних дослідженнях.

Індуктор ЕМП виконується відповідно до і являє собою сукупність розташованих в одній площині електричних котушок (рис. 2.4). Сусідні котушки підключаються до джерела електроенергії зустрічно, що дозволяє створити в зоні сепарації великий поліградієнтний простір і забезпечити напрямок зусилля, що вилучає близьке нормальному.

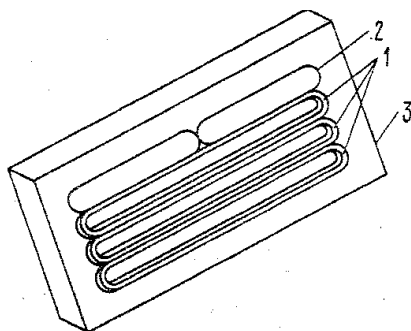


Рисунок 2.4 – Конструкція індуктора імпульсного електродинамічного сепаратора

Розмір елементарної котушки обирається таким чином, щоб один з розмірів вікна в обмотці був близький до значення нижньої границі класу крупності часток у сепараційній суміші.

Конструкція параметричного датчика повинна забезпечувати захист вимірювальної електронної схеми від наведеної в його обмотці ЕДС, що може мати досить високі значення, оскільки число витків обмотки датчика значно більше числа



витків обмотки індуктора, а відстань між датчиком і індуктором бажано забезпечити мінімальним. Із цією метою кожний виток обмотки параметричного датчика виконаний у формі вісімки, симетричної щодо центральної осі індуктора (рис. 2.4). Таким чином, ЕДС, наведені в кожній петлі вісімки, мають протипомилкові напрямки й сумарна величина ЕДС котушки дорівнює нулю.

При виконанні конструкції датчика здійснюється селективна реєстрація тільки немагнітних металів, що запобігає порушенню ЕМП при влученні в зону сепарації магнітних часток. Параметричний датчик (плоска котушка індуктивності, включена в ланцюг позитивного зворотного зв'язка вимірювального автогенератора) накривається з боку контрольованої зони напівпроникним електропровідним екраном, що дозволяє робити селективну реєстрацію магнітних і немагнітних металів за знаком розладження амплітуди коливань вимірювального автогенератора на робочій частоті 10 кГц.

Робоча поверхня індуктора покрита зносостійким матеріалом з низькою електропровідністю (нержавіюча сталь товщиною 1 мм), що одночасно виконує функції напівпроникного екрана для селективного металошукача.

Відповідно до викладеного, був виготовлений експериментальний зразок імпульсного сепаратора. Технічна характеристика імпульсного сепаратора: живильна сіткова напруга – 220 В; частота перетворення енергії – 50 Гц; установлена потужність силового трансформатора – 4 кВт; напруга зарядки накопичувача не більше – 2,8 кВ; ємність накопичувача – 800 мкФ; амплітуда імпульсу розрядного струму – 5 кА; частота розрядного струму – 500 Гц; розмір активної поверхні індуктора – 270 X 800 мм.

При визначенні необхідної величини розрядного струму (що був перед розробкою сепаратора) використовувалося відоме положення про те, що створюване електродинамічне зусилля дорівнює похідної від сповненої енергії магнітного поля в системі по переміщенню елемента, зусилля на який потрібно визначити. Для визначення похідної енергії поля досить визначити похідну індуктивності електромагнітної системи, що нескладно здійснюється експериментально із

застосуванням фізичної моделі індуктора, зразка з електропровідного матеріалу й вимірника індуктивності, наприклад, цифрового автоматичного мосту Е 7-8.

Експериментальні дослідження процесу сепарації на виготовленому сепараторі проводилися у два етапи. На першому етапі були проведені виміри корисного параметра для зразків у формі диска. Оскільки безпосередній вимір зусилля, що діє близько 1 мс. Досить важко, як корисний параметр була обрано висоту підльоту частки після впливу на неї імпульсу ЕМП при горизонтальному розташуванні індуктора. Від величини підльоту нескладно перейти до початкової швидкості й до величини зусилля аналітично. У той же час величина підльоту сама по собі досить наочна характеристика поведінки частки в процесі сепарації.

Добре відома залежність величини електродинамічного зусилля від індукції ( $F=kB^2$ ). Немає підстав сумніватися в справедливості такої залежності й у даному конкретному випадку, тому експериментальних досліджень залежності корисного параметра від величини індукції (розрядного струму) не проводилося.

Інтерес представляє залежність величини підльоту частки від її крупності. Експериментальна залежність (рис. 2.5 (а)) знята при наступних умовах: у якості параметра крупності частки обраний діаметр зразка у формі диска; зразок розташований на осі симетрії елементарної котушки індуктора; матеріал зразків алюміній, товщина зразків 10 мм; у ході вимірів змінювався вихідний зазор між нижньої плоскістю зразка й обмоткою індуктора. Отримані криві відбивають стабільну залежність корисного параметра від розміру частки (на графіку представлений у часткових одиницях від зовнішнього розміру елементарної котушки індуктора). Найбільша висота підльоту досягається у всіх випадках при цілком певному розмірі частки, що визначається конструкцією індуктора й рівному зовнішньому розміру елементарної котушки. При зменшенні крупності величина корисного параметра круто падає й сепарацію часток крупністю менш 0,8 варто вважати недоцільною на обраному типорозмірі індуктора (крупність 0,8 збігається з розміром вікна в обмотці елементарної котушки індуктора). Збільшення розміру зразка приводить до зниження величини корисного параметра до рівня 60 % від

максимального  $\eta$ , надалі, до стабілізації на цьому рівні при зростанні крупності до величини всієї електричної обмотки індуктора.

На рис. 2.5(б) представлена експериментально отримана залежність висоти підльоту від товщини частки, представленої в часткових від еквівалентної глибини проникнення поля в матеріал зразка. Тут досить чітко видний максимум корисного параметра, що спостерігається при товщині, яка дорівнює 0,5...0,8 еквівалентної глибини проникнення. Такий вид кривої не є цілком очевидним, оскільки при зменшенні товщини зразка питоме зусилля повинне зростати, що пояснюється експонентним законом загасання поля в електропровідному середовищі (швидкість загасання поля знижується в міру збільшення координати товщини зразка). Пояснення екстремального характеру залежності може полягати в динаміці частки і явищі так званої магнітної подушки. ЕМП, що проникнуло крізь тонкий зразок, перешкоджає швидкому його переміщенню, внаслідок закону електромагнітної індукції, тобто з'являється додаткова сила, спрямована протилежно вилученню. Описаний ефект може проявлятися при досить високій швидкості переміщення зразка невеликої товщини.

Другий етап експериментальних досліджень проводився на реальній сировині (лом кольорових металів, відібрана на підприємствах "Вторцветмет" у режимі керування роботою сепаратора від датчика за технологічною схемою (рис. 2.2).

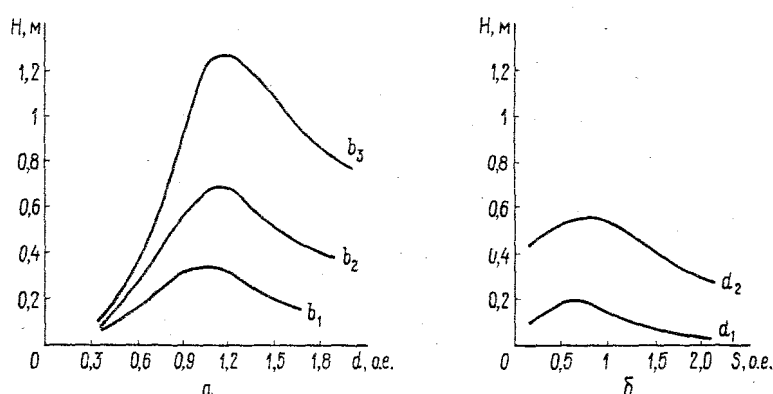


Рисунок 2.5 – Експериментальні графічні залежності

Всі відібрані частки по черзі подавалися на імпульсний сепаратор, а потім аналізувався зміст прийомних бункерів. Відзначено, що погано вилучаються довгомірні електропровідні частки трубчастої форми, мотки мідного проведення, сильно деформовані шматки листового матеріалу.

Після обробки результатів сепарації було встановлено, що загальне вилучення для алюмінієвих сплавів становить 87,2 %, для сплавів міді – 64,4 %. По фракціях для алюмінієвих сплавів: 20...50 мм – 64,1, 50...100 мм – 81,3, 100...200 мм – 97,5, 200 – 80,6 %; для сплавів міді: 100...200 мм – 62,3 %.

Розмір елементарної котушки індуктора імпульсного сепаратора дорівнює 85 мм, розмір вікна в обмотці 50 мм. Таким чином, отримане розподіл ступеня вилучення металів за крупністю в цілому відповідає отриманій раніше експериментальній графічній залежності для ідеальних зразків (рис. 2.5).

Число витків в обмотці елементарної котушки індуктора дорівнює 6, отже, експериментальні дослідження проводилися при загальному струмовому навантаженні в імпульсі 30 кА (амплітуда імпульсу струму становила 5 кА). Слід зазначити, що можливо значно збільшити струмове навантаження при відповідних конструктивних доробці індуктора й силового блоку імпульсного сепаратора. Відомо, що струмове навантаження на індуктор у верстатах для магнітно-імпульсної обробки металів (МІОМ) досягає значень 200 кА й більше. Оскільки величина електродинамічного зусилля пропорційна індукції у квадраті, а індукція прямо пропорційна струмовому навантаженню, очевидні можливості значного збільшення якісних показників сепарації.

При дослідженнях було встановлено, що ефективний вилучення часток на макеті можливий при частоті їхнього проходження не частіше, ніж два рази в секунду, визначається потужністю силового трансформатора генератора імпульсів. При підвищенні потужності трансформатора пропорційно зростають швидкість заряду накопичувача й частота допустимого проходження імпульсів (при цьому доцільно здійснити примусове охолодження індуктора). У цілому ж, як було зазначено раніше, найбільш ефективним слід вважати застосування імпульсної сепарації при рівні змісту металу у вихідній сировині 5...10 % [4].

2.2 Розробка технологічної схеми переробки лежалих хвостів збагачення нефелінових сієнітів. Сировиною є лежалі хвости збагачення нефелінових сієнітів

Лежалі хвости є відходами діяльності збагачувальної фабрики, що переробляла в 40...60-ті роки минулого сторіччя руди, які представлені нефелін-сієнітовими породами. Руду видобували у кар'єрі з верхнього покладу родовища. Переробка руди полягала у вилученні з неї циркону. Відвали за своїм складом практично відповідають видобутій руді.

Руда верхнього покладу родовища неоднорідна за мінералогічним складом. Згідно даних різних років, вона представлена декількома природними різновидами: мариуполітами (49,9...61,1%), мікроклін-нефеліновими пегматитами (16,8...24,7%), сієнітовими пегматитами (0,5...18,7%), польовошпатовими і польовошпат-слюдистими метасоматитами (13,0...14,6%).

За роки діяльності збагачувальної фабрики було накопичено близько 1 млн. тонн лежалих хвостів, які придатні до переробки. Відвали шламосховища неоднорідні за складом: 70% складають піски, 21% – пісково-алевритисті відкладення і 9% – суглинки. Мінералогічний склад лежалих хвостів представлений в таблиці 2.1. Суглинки і пісково-алевритисті відкладення залягають в найбільш глибокій частині шламосховища. Ці різновиди розрізняються за хімічним складом (табл. 2.2).

У зв'язку з тим, що відходи неоднорідні за складом та найбільш шламисті з них розташовані в глибоких горизонтах середньої частини шламосховища, всі відвали розділені умовно на два горизонти. Межа горизонтів прийнята так, щоб переважаюча частина високошламистих відходів опинилася в нижньому горизонті, відвали периферійних (північної і південної малошламистих) частин шламосховища потрапили у верхній горизонт.

Таким чином, запаси верхнього горизонту складають 61% (578,17 тис. тонн) від загальних запасів (944,80 тис. тонн). Верхній горизонт шламосховища значно відрізняється від нижнього за складом відходів (табл. 2.3).

Таблиця 2.1 – Мінеральний склад проб пісків (мас. част., %)

Мінерал	Проби		
	1БМ	3БМ	ХБМУ
Мікроклін-перлит	35,1	37,0	38,5
Альбіт	34,2	38,0	30
Нефелін, глиністі мінерали	17	14,5	20,1
Липедомелан	35	8,3	47
Эгирін, амфібол	5,5	–	4,45
Циркон	0,4	0,37	0,35
Пірохлор	–	0,14	0,14
Інші	4,5	1,4	1,9

Таблиця 2.2 – Хімічний склад різновидностей лежалих хвостів (мас. част., %)

Компонент	пісок			піск.-алеврит. відкл.			суглинок		
	мін.	макс.	серед.	мін.	макс.	серед.	мін.	макс.	серед.
SiO <sub>2</sub>	56,58	61,84	59,39	54,16	60,64	56,90	49,70	58,28	52,68
TiO <sub>2</sub>	0,23	1,47	0,48	0,31	1,42	0,67	0,31	1,17	0,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,66	22,66	20,82	19,44	22,17	31,29	21,54	25,20	23,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,66	9,00	4,10	3,25	8,25	5,33	4,05	10,58	5,95
MgO	0,20	1,80	0,64	0,49	1,49	0,99	0,70	1,51	1,24
CaO	0,27	1,66	0,73	0,68	2,50	1,17	1,10	2,96	2,07
Na <sub>2</sub> O	3,03	6,37	4,96	3,90	5,82	4,72	2,79	4,44	3,37
K <sub>2</sub> O	3,27	7,04	5,80	3,16	6,08	4,54	2,41	4,33	3,45
SO <sub>3</sub>	0,01	0,13	0,07	0,01	0,34	0,05	0,02	0,16	0,06
п.п.п.	2,21	3,67	2,75	3,23	5,57	4,13	4,45	8,53	7,29
Сума			99,74			99,79			99,80

Таблиця 2.3 – Хімічний склад лежалих хвостів (мас. част., %)

Компонент	загальний склад			Верхній горизонт	Нижній горизонт
	мін.	макс.	серед.		
SiO <sub>2</sub>	49,70	60,60	58,17	59,46	55,63
TiO <sub>2</sub>	0,07	1,47	0,53	0,42	0,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,44	25,20	21,16	21,03	21,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,66	10,58	4,55	3,87	5,44
MgO	0,20	1,80	0,78	0,55	1,23
CaO	0,27	2,96	0,96	0,74	1,43
Na <sub>2</sub> O	2,77	6,37	4,74	5,06	3,70
K <sub>2</sub> O	2,41	7,04	5,29	5,59	4,64
SO <sub>3</sub>	0,01	0,16	0,065	0,04	0,05
п.п.п.	2,21	8,53	3,51	2,88	4,57
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,054	0,172	0,089	0,079	0,107
ZrO <sub>2</sub>	0,054	0,224	0,098	0,111	0,085
Сума			99,94	99,83	99,042

Гранулометричний склад досліджених проб пісків показаний в табл. 4. Фракція -2,5+0,5 мм складає 30...47% від загальної маси, фракція -0,5+0,1 мм –40,85...56,6%, зокрема -0,3+0,1 мм – 27...35%. Шламиста частина складає від 6,4 до 20,4%. Цікавий розподіл речовини за класами крупності. У класі +0,5 мм переважає калієвий польовий шпат (співвідношення калієвою і натрієвою складових досягає 3:4). У класі -0,5+0,1 мм співвідношення калієвою і натрієвою складових близько до одиниці. У шламах (клас -0,1 мм) переважає натрієвий польовий шпат.

Таблиця 2.4 – Гранулометричний склад проб пісків

Крупність пісків, мм	1БМ			3БМ			ХБМУ		
	вихід, %	мас. част., %		вихід, %	мас. част., %		вихід, %	мас. част., %	
		K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O		K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O		K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
+0,5	30,33	7,96	3,74	37,0	6,65	3,87	47,25	7,45	3,73
-0,5+0,315	49,27	5,05	6,47	56,6	5,20	4,50	13,55	5,85	5,25
-0,315+0,1							27,30	4,53	6,73
-0,1	20,4	2,92	6,75	6,4	3,60	5,00	11,90	2,80	4,26

Гравітаційний аналіз зернистої частини проби відвалів показав (табл. 2.5), що переважна частина матеріалу 79,02% (або 89% зернистої частини) концентрується у вузькому інтервалі щільностей – менше 2,7 г/см<sup>3</sup>. При цьому калієвий польовий шпат (50,18% від маси проби) представляє найбільш легку частину матеріалу – щільність менше 2,6 г/см<sup>3</sup>. Натрієвий польовий шпат та нефелін (28,84% від маси проби) знаходяться у вузькому інтервалі 2,6...2,7 г/см<sup>3</sup>. Важку частину проби складають слюда, лепидомелан (щільність 2,7...2,9 г/см<sup>3</sup>, вихід 2,94%), а також згирин, амфібол, циркон та інші акцесори (щільність більше 2,9 г/см<sup>3</sup>, вихід 6,14%).

Технологія переробки лежалих хвостів включає наступні основні операції:

- видобуток лежалих пісків відкритим способом і доставка до промислової установки автомобільним транспортом;
- видалення крупних каменів, рослин і сміття на колосникових ґратах над приймальним бункером;

Таблиця 2.5 – Гравітаційна характеристика проби пісків

Продукт (щільність, г/см <sup>3</sup> )	Вихід, %	Оксид калію		Оксид натрію	
		мас. част., %	вилучен ня, %	мас. част., %	вилучен ня, %
Зерниста частина, кл.+0,1 мм	88,1	7,06	94,4	4,61	88,9
<2.54	10.73	5.58	10.2	1.88	4.3
2.54-2.60	39.45	10.82	72.7	2.65	22.5
Усього <2,60	50,18	9,70	82,9	2,48	26,8
2,6-2,7	28,84	1,63	8,0	8,46	52,4
Усього < 2,7	79,02	6,75	90,9	4,66	79,2
2,7-2,9	2,94	4,19	2,1	2,51	1,6
Усього <2,9	81,96	6,66	93,0	4,58	80,8
>2,9	6,14	1,34	1,4	6,12	8,0
Шлами (кл.-0,1 мм)	11,9	2,76	5,6	4,34	11,1
Хвости у цілому	100,0	5,87	100,0	4,65	100,0

– грохочення за класом 2 мм з метою видалення каменів, органічних залишків і сміття;

– відтирання пісків у флотомашині для видалення оксидних плівок з поверхні мінеральних зерен;

– грохочення за класом 0,315 мм з метою виділення класу -0,315 мм перед операцією подрібнення;

– подрібнення класу + 0,315 в кульовому млині в замкнутому циклі із спіральним класифікатором до необхідної крупності (-0,315 мм);

– обезшламлення пісків (крупність шламів -0,03 мм);

– гравітаційне збагачення пісків на гвинтових сепараторах з метою розділення пісків на важку (у якій концентруються пірохлор і циркон) і легку (польові шпати) фракції;

– помел важкої фракції в кульовому млині в замкнутому циклі із спіральним класифікатором до необхідної крупності (-0,074 мм);

– магнітна сепарація подрібненої важкої фракції в слабкому полі (0,2 Тл) з метою виділення сильномагнітних мінералів (магнетит) і апаратного заліза;

– перечищення немагнітної важкої фракції на концентраційних столах з метою виділення легкій фракції (польовий шпат) для подальшої магнітної сепарації;



– транспортування важкої фракції (отриманий продукт є бідним пірохлорцирконовим концентратом, придатним для подальшої гідрометалургійної переробки) в спеціальне сховище;

– помел легкої фракції гвинтової сепарації у кульовому млині в замкнутому циклі із спіральним класифікатором до необхідної крупності (-0,074 мм);

– обезшламлення легкої фракції у гідроциклоні за класом крупності -0,03 мм;

– збагачення класу -0,074+0,030 мм на відцентровому концентраторі з метою до вилучення важких мінералів, яка об'єднується з важкою фракцією гвинтової сепарації для подальшої магнітної сепарації і перечищення на столах;

– магнітна сепарація легкої фракції відцентрового збагачення в слабкому полі (0,2 Тл) з метою виділення сильномагнітних мінералів і апаратного заліза;

– високоградієнтна магнітна сепарація немагнітної фракції в середньому (0,6-0,8 Тл) і сильному полі (1,2-1,4 Тл) з метою виділення середньо- і слабомагнітних мінералів (егірін, біотит, лепидомелан і ін.);

– транспортування магнітних фракцій і шламів в шламосховище гідротранспортом;

– згущування отриманої немагнітної фракції (польовошпатового продукту) в радіальному згущувачі з поверненням води в технологію;

– обезводнення польовошпатового продукту на стрічковому фільтрі з поверненням фільтрату в технологію;

– сушка польовошпатового концентрату в барабанній сушарці;

– контрольна магнітна сепарація з метою видалення апаратного заліза;

– складування польовошпатового концентрату і відвантаження споживачам в "біг-бегах" і насипом в залізничному або автомобільному транспорті.

Технологічна схема процесу переробки лежалих хвостів приведена на рис. 2.6.

Лежалі хвости із шламосховища, доставляються автосамоскидами в приймальний вузол дослідно-промислової установки, де подаються на грохот для виділення сторонніх включень, які накопичилися у відвалах шламосховища. Надрешітний продукт поступає в бункер, з якого періодично автотранспортом вивозиться на шламосховище відходів.

Одночасно з лежалими хвостами на грохот подається вода і підрешітний продукт поступає в двокамерну флотомашину (блок відтирки), в якій відбувається руйнування окисної плівки заліза, що утворилася на поверхні матеріалу в процесі тривалого зберігання.

Після відтирання матеріал піддається грохоченню за крупністю 0,315 мм, з подрібненням надрешетного продукту в кульовому млині, що працює в замкнутому циклі із спіральним класифікатором, до крупності -0,315 мм.

Технологічна схема збагачення польовошпатового матеріалу включає послідовне розділення на легку і важку фракції на гвинтових сепараторах, помел легкої фракції на кульових млинах, що працюють в замкнутому циклі із класифікаторами, до крупності -0,074 мм, обезшламлення у гідроциклонах, довилучення рідкіснометалевих мінералів відцентровою сепарацією і послідовну доочистку матеріалу на магнітних і електромагнітних сепараторах. Отриманий польовошпатовий концентрат зневоднюється в радіальному згущувачі. Сливи згущувача використовують як оборотну воду. Продукт, що згущується, після фільтрації на стрічкових вакуум-фільтрах, піддається сушці в барабанній сушарці. В якості палива використовується газ. Для очищення топкових газів передбачено дві стадії: батарейні циклони і відцентровий скруббер.

Висушений польовошпатовий концентрат піддається сухій магнітній сепарації з метою видалення апаратного заліза.

Після сушки польовошпатовий концентрат завантажується елеваторами в силосні банки для подальшого відвантаження споживачам.

Важкі фракції від гвинтової і центробіжної сепарації подрібнюються в кульовому млині до великої -0,074 мм, з подальшою магнітною сепарацією в полі 0,2 Тл для видалення магнетиту, і концентрацією на столах. При збагаченні на концентраційних столах з рідкометалевого продукту виділяється легка фракція, яка повертається на магнітну сепарацію польовошпатового продукту.

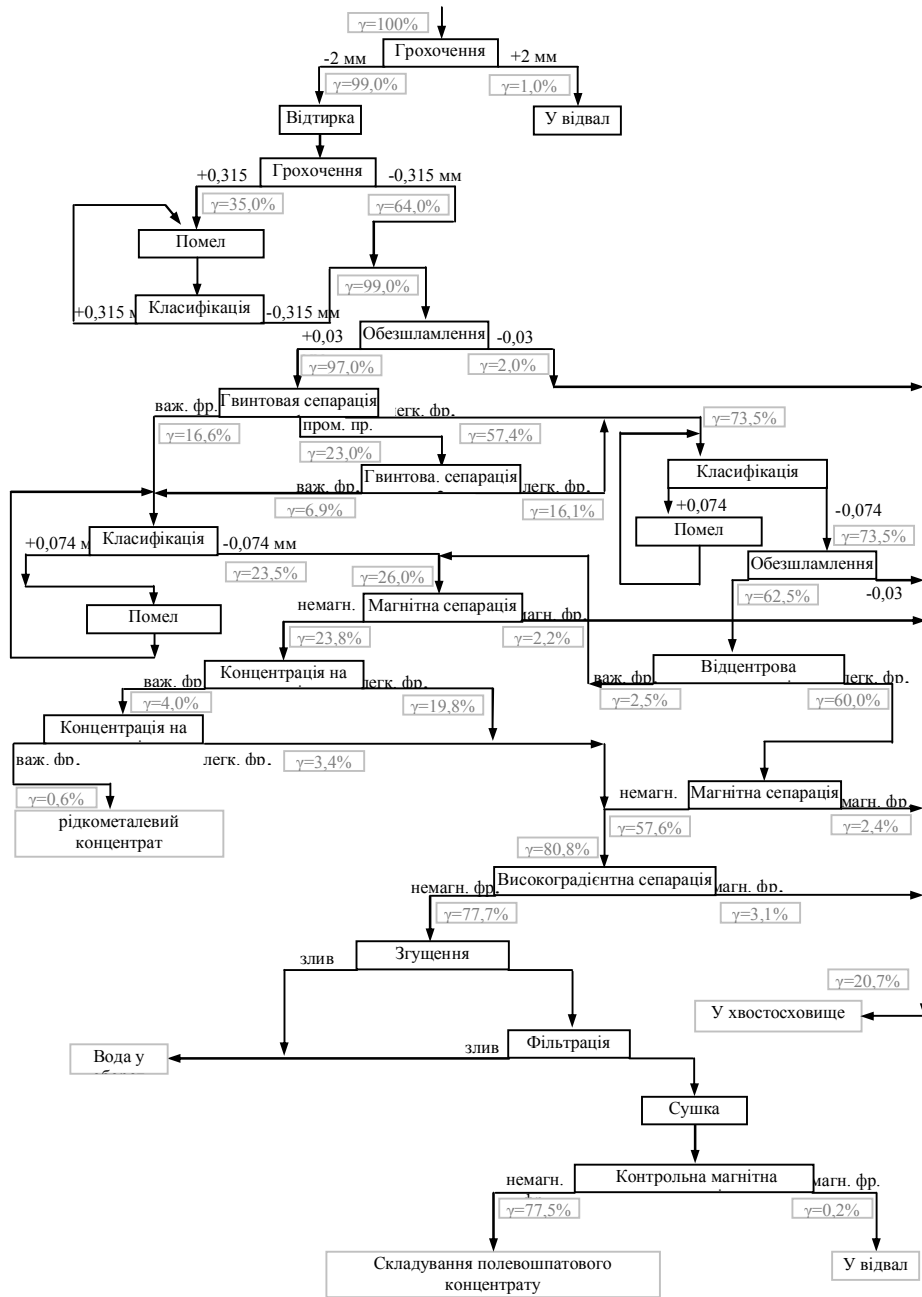


Рисунок 2.6 – Технологічна схема процесу переробки лежалих відходів

Отриманий рідкіснометалевий промпродукт складається в спеціальному сховищі для подальшої переробки.

Схема ланцюга апаратів промислової установки по переробці лежалих хвостів приведена на рис. 2.7.

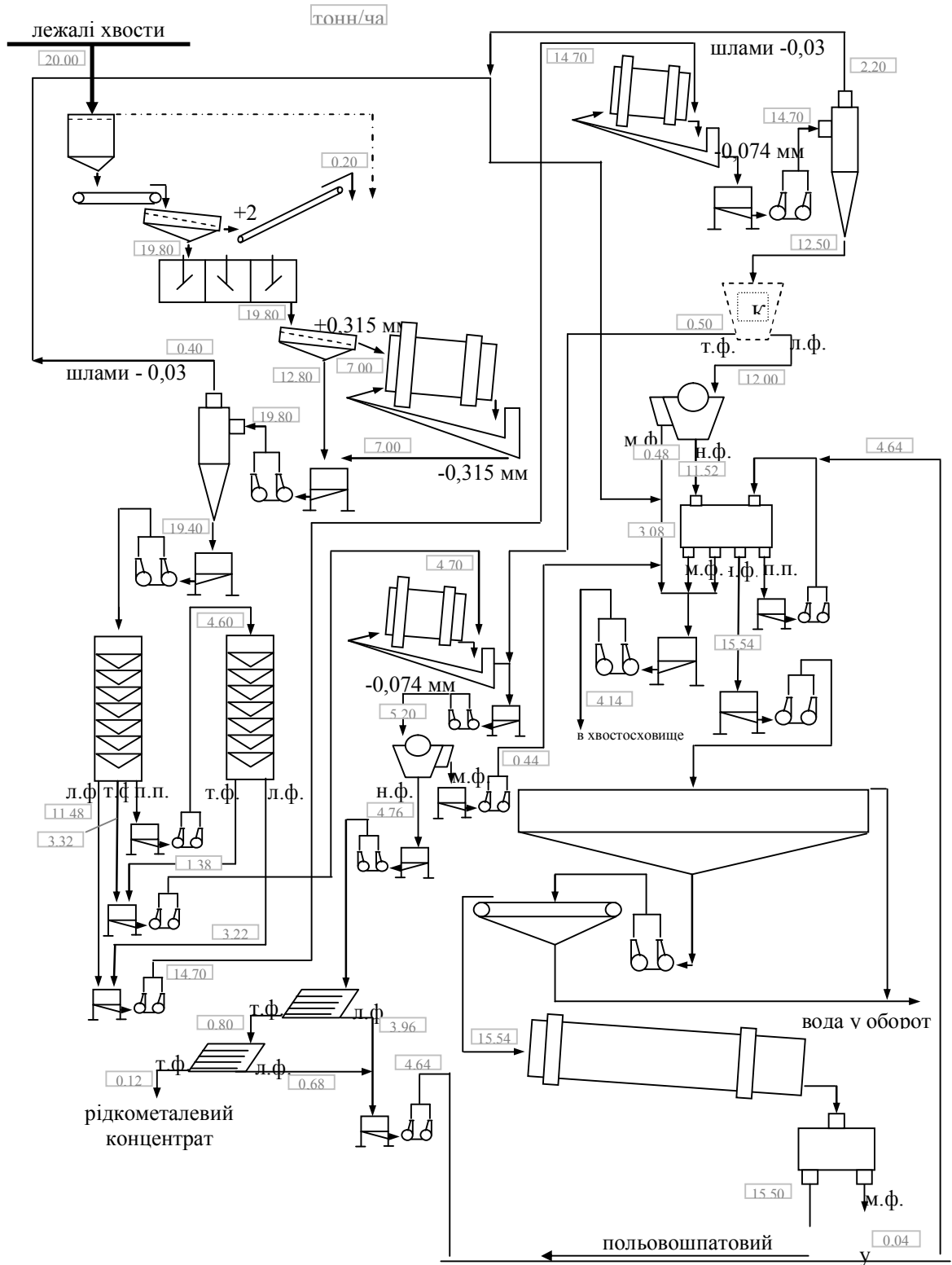


Рисунок 2.7 – Схема ланцюгу апаратів промислової установки з переробки лежалих хвостів

### 2.3 Аналіз властивостей і дослідження збагачуваності цирконових промпродуктів на сухих сепараторах із сильним магнітним полем

У технологічній схемі ВГМК суміш дистенового та цирконового продуктів піддається сушінню з наступним доведенням методами магнітної та електричної сепарації.

Вузол доведення цирконового концентрату на ВГМК (рис. 2.8) складається із двох прийомів. Перший прийом проводиться на сепараторі 2ЕВС 36/100. Продуктами сепарації в даній операції є немагнітна фракція – цирконовий концентрат, магнітна фракція, що повертається в голову процесу, і промпродукт, який переочищується на сепараторі 2ВК. Продуктами збагачення переочищувальної операції є немагнітний продукт – готовий концентрат і магнітна фракція, що направляється в голову процесу. Показники збагачення за даною схемою наведені в таблиці 2.6.

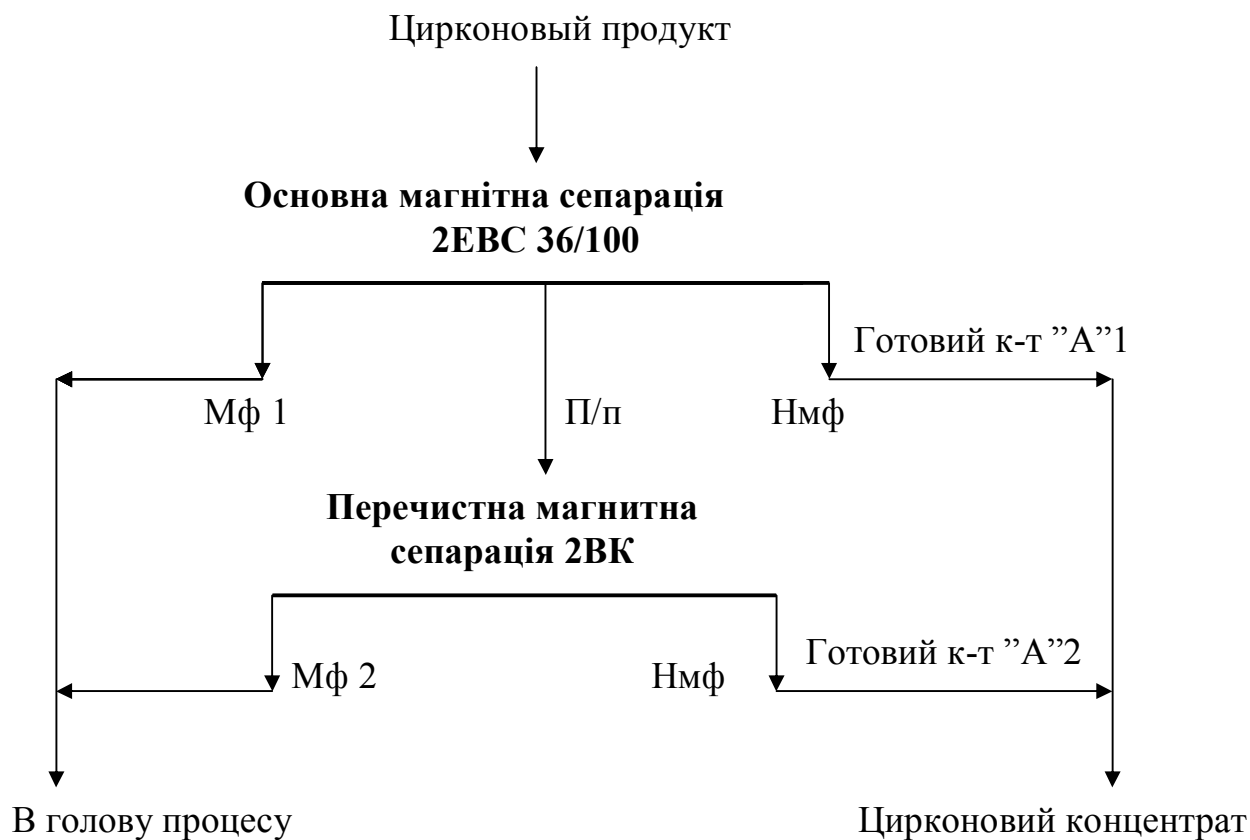


Рисунок 2.8 – Схема магнітної сепарації цирконового продукту

Таблиця 2.6 – Результати роботи сепаратора 2ВК на перетищенні цирконового промпродукту

Проба	Продукти розподілу	Показники сепарації, %		
		Вихід	Вміст циркону	Вилучення
2	магнітний	0,8	81,67	0,7
	немагнітний	99,2	97,60	99,3
	вихідний	100,0	97,48	100,0
3	магнітний	0,2	87,77	0,2
	немагнітний	99,8	98,67	99,8
	вихідний	100,0	98,65	100,0

Валковий сепаратор 2ВК морально й фізично застарів. У даній главі наведені дослідження з вивчення можливості заміни сепаратора 2ВК на сучасне устаткування. У теперішній час для збагачення циркону можуть бути застосовані бар'єрний сепаратор (рис. 1.16; 1.17) і роликовий сепаратор РСТ (рис. 1.10; 1.11).

Як відзначалося вище, вихідним продуктом перетищеної операції є промпродукт сепаратора 2ЕВС 36/100, вміст циркону в якому складає від 95% до 99%. Усього на перетищену операцію надходить близько 3,0...3,5т/год цирконового промпродукту.

Дослідження проводилися на трьох пробах промпродукту сепаратора 2ЕВС 36/100: – проба 1 – вміст циркону 96,5%; – проба 2 – вміст циркону 97,4%; – проба 3 – вміст циркону 98,6%.

Дослідження із застосування роликового магнітного сепаратора на перетищенні промпродукту 2ЕВС 36/100 проводилися на лабораторному сепараторі РСТ. Навантаження 3 т/ч було прийняте в якості питомого на 1 м погонний робочої зони роликового сепаратора РСТ. З урахуванням довжини робочої зони лабораторного сепаратора 100 мм, дослідження проводились при навантаженні на лабораторний сепаратор 0,3 т/год (25 г/сек.). Досліди проводились в один і два прийоми сепарації, результати наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Показники магнітної сепарації цирконового промпродукту на лабораторному роликовому сепараторі

Проба	Кількість прийомів сепарації	Продукти розподілу	Показники сепарації, %		
			Вихід	Вміст циркону	Вилучення
1	1	магнітний	1,4	81,03	1,2
		немагнітний	98,6	96,52	98,8
		вихідний	100,0	96,30	100,0
	2	магнітний	1,9	86,10	1,7
		немагнітний	98,1	96,60	98,3
		вихідний	100,0	96,40	100,0
2	1	магнітний	1,6	84,36	1,4
		немагнітний	98,4	97,65	98,6
		вихідний	100,0	97,44	100,0
	2	магнітний	1,8	87,59	1,6
		немагнітний	98,2	97,59	98,4
		вихідний	100,0	97,41	100,0
3	1	магнітний	1,5	89,32	1,4
		немагнітний	98,5	98,82	98,6
		вихідний	100,0	98,68	100,0
	2	магнітний	4,7	96,81	4,6
		немагнітний	95,3	98,73	95,4
		вихідний	100,0	98,64	100,0

Як видно з наведених даних, застосування роликового сепаратора РСТ на перетищенні промпродукту дозволяє підвищити якість цирконового концентрату на 0,08...0,22%.

Результати промислових випробувань сепаратора РСТ у вузлі доведення цирконового концентрату при продуктивності 2 т/год наведені в таблиці 2.10. У

процесі промислових випробувань приріст якості цирконового продукту склав 0,07...0,17% (додаток Б).

Таблиця 2.10 – Результати промислових випробувань сепаратора РСТ у вузлі доведення цирконового концентрату

Кількість прийомів сепарації	Продукти розподілу	Показники сепарації, %		
		Вихід	Вміст циркону	Вилучення
1	магнітний	1,4	85,7	1,2
	немагнітний	98,6	97,60	98,8
	вихідний	100,0	97,43	100,0
2	магнітний	2,9	95,84	2,8
	немагнітний	97,1	98,19	97,2
	вихідний	100,0	98,12	100,0

Дослідження із застосування бар'єрного магнітного сепаратора на перечищенні промпродукту 2ЕВС 36/100 проводилися на лабораторному стенді бар'єрного сепаратора з розрахунку продуктивності на промисловий сепаратор 3 т/год. Продуктивність на один робочий канал при цьому становила 8,3 г/сек. Результати лабораторних досліджень наведені в таблиці 2.11.

Застосування бар'єрного сепаратора на перечищенні промпродукту дозволяє підвищити якість цирконового концентрату на 0,2...1,54% (вміст циркону в живленні сепаратора складав 98,68...96,5%).

Середньозважені результати промислових випробувань перечищення цирконового промпродукту на бар'єрному сепараторі наведені в таблиці 2.12.

Таким чином, проведеними дослідженнями встановлено, що при очищенні цирконового промпродукту на лабораторному бар'єрному сепараторі приріст якості очищеного циркону склав 0,2...1,54%. У процесі промислових випробувань бар'єрного сепаратора БСТ приріст якості склав 0,53%, що погоджується з результатами лабораторних досліджень.



При промислових іспитах приріст якості в очищеному продукті бар'єрного сепаратора склав 0,08...0,22%, роликового сепаратора РСТ – 0,07...0,17%. При роботі сепаратора 2ВК приріст якості становить 0,02...0,12%.

Таблиця 2.11 – Показники магнітної сепарації цирконового промпродукту на лабораторному бар'єрному сепараторі

Проба	Продукти розподілу	Показники сепарації, %		
		Вихід	Вміст циркону	Вилучення
1	магнітний	2,94	45,61	1,39
	немагнітний	97,06	98,04	98,61
	вихідний	100,0	96,50	100,0
2	магнітний	2,29	49,05	1,16
	немагнітний	97,7	98,56	98,84
	вихідний	100,0	97,42	100,0
3	магнітний	0,74	72,66	0,55
	немагнітний	99,26	98,88	99,45
	вихідний	100,0	98,68	100,0

Таблиця 2.12 – Середньозважені показники магнітної сепарації цирконового промпродукту на промисловому бар'єрному сепараторі

Продукти розподілу	Показники сепарації, %		
	Вихід	Вміст циркону	Вилучення
Магнітний	1,17	52,68	0,63
Немагнітний	98,83	98,27	99,37
Вихідний	100,0	97,74	100,0

З наведених результатів виходить, що найбільший приріст якості очищеного циркону досягається на бар'єрному сепараторі.

З огляду на обмеженість простору, у якому проводиться очищення цирконового промпродукту на ВГМК, для умов даного комбінату доцільно застосовувати роликовий сепаратор РСТ.

### 3 ДОСЛІДЖЕННЯ КІЛЬКІСНО-ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ. АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБАГАЧУВАНOSTІ НА СУХИХ СЕПАРАТОРАХ З СИЛЬНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ ІЛЬМЕНІТ-СИДЕРИТОВОЇ РУДИ ІРШАНСЬКОГО РОДОВИЩА

#### 3.1 Дослідження кількісно-якісних характеристик твердих побутових та промислових відходів

##### 3.1.1 Методика дослідження фізичних властивостей твердих побутових відходів

До основних показників, що характеризують фізичні властивості твердих відходів, відносяться їхня об'ємна вага, морфологічний і фракційний склад і вологість.

##### *Методика відбору проб.*

Відбір первинних проб. Первинну пробу варто відбирати безупинно по мірі надходження ТПВ на полігон (сміттєзвалище).

При добовій доставці на полігон більш 100 т проби відбираються не менш ніж з 15 % (відбір проб можна робити через визначене число машин), при доставці 40...50 т проби відбираються від 30 %, при 20...30 т – від 50 % машин, а при доставці 10...15 т для відбору проб охоплюються всі 100 % машин.

Від кожної машини, що підвозить побутові відходи, відбирається первинна проба загальною вагою не менш 30 кг (3%, кожна сміттєвозна машина доставляє орієнтовно 1 000 кг ТПВ). Щоб перебороти неоднорідність вихідного матеріалу, первинна проба відбирається невеликими порціями й обов'язково з різних місць аналізованих відходів.

Великі предмети (відра, дошки) у пробу не включаються. При великій їхній кількості вони зважуються окремо пропорційно загальній кількості відходів.

Відбір середніх проб. Бажано, щоб середня проба відбиралася безпосередньо після узяття первинної проби.

Узяті первинні проби ретельно (не менш трьох разів) перемішуються і розрівнюються тонким шаром (на цементній підлозі, брезенті або поліетиленовій плівці) у вигляді квадрату.

Перемішану пробу твердих відходів поділяють по діагоналі на чотири рівні частини. Відходи з двох протилежних частин відкидаються, а інші дві частини з'єднують, знову перемішують, розрівнюють і так доки, поки не вийде проба близько 10 кг, що і є середньою.

Відбір лабораторної проби. Середня проба після відповідної підготовки є матеріалом для узяття лабораторної проби, призначеної для лабораторних досліджень.

При такому неоднорідному матеріалі, як ТПВ, середню пробу бажано попередньо подрібнити, для чого найбільш зручними є кульові млини.

Подрібнювання роблять до 1...2 мм, потім методом квартування відбирають лабораторну пробу вагою близько 1 кг, яку поміщають у банку з притертою пробкою.

Терміни і способи збереження проб. Лабораторну пробу можна зберігати при плюсовій температурі 21...22°C при обприскуванні 96 % етиловим спиртом одну добу та у холодильнику при температурі не вище +4°C до трьох діб.

#### *Методика визначення морфологічного складу ТПВ*

Морфологічний склад твердих побутових відходів – це вміст складових частин ТПВ (папір, пластик, харчові відходи та ін.), виражений у відсотках до їх загальної ваги.

Морфологічний склад відходів необхідно визначати при виборі методу їх знешкодження та при оцінці якості вторинної сировини.

В усіх випадках визначення морфологічного складу варто проводити в сирих побутових відходах, тобто у відходах у їхньому природному стані.

Перед розбиранням відходів на столі встановлюються листи або тази для збору однотипних частин. Особливу увагу варто звернути на відділення таких частин, як харчові відходи, папір і текстиль, тому що в сирих відходах їх легко прийняти одну за іншу.

Вміст кожної складової частини відходів визначають у відсотковому відношенні до маси проби за наступною формулою:

$$A = \frac{A' \cdot 100}{B}, \% \quad (3.1)$$

де  $A$  – вміст певної частини, який визначається в сирих відходах, %;

$A'$  – вміст тієї ж складової частини в сирих відходах, г;

$B$  – загальна вага сирої проби ТПВ, г;

100 – множник для вираження результатів аналізу у відсотках.

При визначенні морфологічного складу ТПВ в сирих пробах необхідно строго дотримувати санітарно-гігієнічні вимоги в роботі.

Розбирати тверді побутові відходи необхідно в халатах, рукавичках і марлевих пов'язках.

Розбирання варто проводити (якщо в приміщенні то під витяжкою) на оббитому металом або пластиком столі, що дозволяє проводити його санітарну обробку. Після роботи халати, рукавички миють у 1...2 %-ном розчині карболової кислоти, халати стерилізують в автоклаві.

#### *Методика визначення фракційного складу ТПВ*

Фракційний склад твердих побутових відходів – це вміст частин різного розміру, що визначається розміром отворів сит при просіванні, виражений у відсотках до загальної ваги.

Фракційний склад ТПВ знаходиться у взаємозв'язку з їхнім морфологічним складом.

Визначення фракційного складу ТПВ проводили шляхом послідовного просівання середніх проб відходів на ситах з різним розміром отворів (300, 250, 200, 150, 100, 50, 30 и 15 мм).

Потім визначали відсотковий вміст кожної фракції стосовно загальної ваги проби відходів.

У разі потреби одночасного визначення морфологічного (для складання лабораторної проби і загальної характеристики відходів) і фракційного складу побутових відходів для дослідження використовують одну пробу, яку послідовно

пропускають через сито з зазначеним розміром осередків, і визначають морфологічний склад на кожному з сит.

Отримані результати відносять до загальної ваги відходів, потім підсумовують відсотковий вміст однотипних частин з кожного сита.

#### *Методика визначення вологості ТПВ*

Визначення вологості твердих відходів пов'язано з проектуванням засобів для збору і видалення відходів, регулюванням біохімічних процесів при переробці відходів.

Вміст вологи у твердих відходах залежить від кількості органічних частин у них і служить непрямим показником їхнього морфологічного і хімічного складу.

Уся волога, що утримується у відходах, поділяється на „зовнішню” і „гігроскопічну”.

Під „зовнішньою” вологою розуміється волога, що втрачається речовиною при просушуванні його до повітряно-сухого стану. За повітряно-сухі відходи умовно приймаються відходи, що не змінюють своєї ваги при кімнатній температурі (близько 15...20°C) і нормальній відносній вологості повітря (50%).

Під гігроскопічною вологою розуміється волога, що втрачається повітряно-сухою речовиною при її просушуванні при 105°C. Гігроскопічна волога являє собою водяну пару, яка міцно утримується часточками речовини. Її визначення необхідне для перерахування результатів аналізу повітряно-сухих відходів на абсолютно сухе навішення.

Загальна вологість відходів складається зі зовнішньої та гігроскопічної вологи.

Визначення зовнішньої вологості досить трудомістке, при цьому потрібні спеціальні сушильні шафи, великі проби і тривалий час (5...8 днів), тому можна замінити цей аналіз швидким визначенням загальної вологості (при 105°C).

Відношення загальної до зовнішньої вологості ТПВ складає в середньому – 0,85.

Визначення загальної вологості ТПВ досягається шляхом добору з лабораторної проби зразка вагою 50 г (з попереднім їхнім подрібненням) і наступним його просушуванням при 105°C до постійної ваги. Повторність 4-кратна.

Середні показники з чотирьох є загальним показником вологості

досліджуваних відходів.

Загальна вологість відходів визначається за формулою:

$$W = \frac{(A' - A'') \cdot 100}{A'}, \% \quad (3.2)$$

де  $W$  – загальна вологість відходів у відсотках;

$A'$  – первісна вага зразка в г;

$A''$  – вага абс. сухого зразка в м;

100 – число для перерахування у відсотки.

Знаючи загальну вологість ( $W$ ), можна розрахувати зовнішню вологість ( $B$ ) за формулою:

$$B = W \cdot \frac{85}{100}, \% \quad (3.3)$$

### 3.1.2 Визначення фізичних властивостей твердих побутових відходів

#### *Визначення морфологічного складу ТПВ*

Морфологічний склад твердих побутових відходів – це вміст складових частин ТПВ (папір, пластик, харчові відходи та ін.), виражений у відсотках до їх загальної ваги.

Морфологічний склад відходів необхідно визначати при виборі методу їх знешкодження та при оцінці якості вторинної сировини. При цьому виділяють наступні складові:

1. Харчові відходи.
2. Папір, картон.
3. Пластмасові вироби.
4. Текстиль (дрантя).
5. Чорні метали.
6. Кольорові метали.
7. Скло.
8. Шкіра, гума.

9. Кісти.
10. Дерево.
11. Баласт негорючий (каміння, фаянс, будівельне сміття).
12. Інші частини.
13. Відсів (менш 15 мм).

Визначення морфологічного складу ТПВ проводили в сирих побутових відходах, тобто у відходах у їхньому природному стані. Первинні проби ТПВ відбирали безупинно в міру їх надходження на полігон від кожного третього сміттевозу, тобто було охоплено 30% автомобілів. Первинна проба загальною вагою не менш 30 кг відбиралася невеликими порціями з різних місць аналізованих відходів, для того щоб врахувати неоднорідність вихідного матеріалу. Великі негабаритні предмети (відра, дошки) у пробу не включалися.

Морфологічний склад відходів визначали з середніх проб, які відбиралися безпосередньо після узяття первинної проби. Первинні проби ретельно (не менш трьох разів) перемішувалися і розрівнювалися тонким шаром на поліетиленовій плівці у вигляді квадрата. Перемішану пробу твердих відходів поділяли по діагоналі на чотири рівні частини. Відходи з двох протилежних частин відкидали, а інші дві частини з'єднували, знову перемішували, розрівнювали і так доти, доки не отримали середню пробу вагою близько 10 кг.

Результати визначення морфологічного складу твердих побутових відходів наведено у таблиці 3.1.

Відсоткові співвідношення морфологічного складу ТПВ досить відносні, бо на співвідношення складових впливають такі чинники, як ступінь благоустрою житлового фонду, сезони року, кліматичні та інші умови. У складі ТПВ постійно зростає вміст паперу, пластмаси, поліетиленової плівки та іншої упаковки.

Особливо великі сезонні коливання харчових відходів – з 28% навесні до 50% та більше влітку та восени.

#### *Визначення фракційного складу ТПВ*

Фракційний склад твердих побутових відходів – це вміст частин різного розміру, що визначається розміром отворів сит при просіванні, виражений у



відсотках до загальної ваги.

Таблиця 3.1 – Морфологічний склад твердих побутових відходів м. Жовті Води

Складові частини	Вміст, % від загальної маси
Папір, картон	9,2±3,8
Пластмасові вироби	11,6±1,6
Харчові відходи	50,4±2,9
Текстиль (дрантя).	3,3±0,5
Чорні метали	4,2±0,8
Кольорові метали	0,1±0,05
Скло	4,0±0,9
Кістки	0,7±0,4
Фаянс, будівельне сміття	5,1±2,4
Каміння	7,8±3,2
Шкіра, гума	0,9±0,7
Дерево	2,8±1,9

Фракційний склад ТПВ знаходиться у взаємозв'язку з їхнім морфологічним складом.

Визначення фракційного складу ТПВ проводили шляхом послідовного просівання середніх проб відходів на ситах з різним розміром отворів (250, 100 та 25 мм).

Потім визначали відсотковий вміст кожної фракції стосовно загальної ваги проби відходів.

Результати визначення фракційного складу ТПВ наведені у таблиці 3.2.

#### *Визначення вологості ТПВ*

Визначення вологості твердих відходів пов'язано з проектуванням засобів для збору і видалення відходів, регулюванням біохімічних процесів при переробці відходів.

Вміст води у твердих відходах залежить від кількості органічних частин у них і служить непрямим показником їхнього морфологічного і хімічного складу.

Таблиця 3.2 – Вміст складових ТПВ м. Жовті Води, % від загальної маси

Складові частини	Розмір фракцій, мм			
	+250	-250+100	-100+25	-25
Папір, картон	1,7 – 4,0	1,4 – 7,8	1,6 – 1,9	0,0 – 0,0
Пластмасові вироби	1,4 – 5,5	3,2 – 4,8	2,9 – 4,7	0,3 – 0,5
Харчові відходи	1,3 – 3,8	4,0 – 7,2	7,4 – 19,9	23,3 – 34,0
Текстиль (дрантя).	0,7 – 1,7	0,5 – 1,2	1,0 – 1,2	0,0 – 0,1
Чорні метали	0,6 – 1,6	0,7 – 1,3	1,4 – 2,4	0,0 – 0,2
Кольорові метали	–	–	0,1– 0,2	–
Скло	0,2– 2,2	0,1 – 0,7	1,1 – 3,3	0,1 – 0,2
Кістки	0,1 – 1,0	–	0,0 – 0,2	–
Фаянс, будівельне сміття	0,3 – 3,0	0,6 – 6,2	–	–
Каміння	–	0,6 – 6,2	2,0 – 5,6	0,4 – 0,7
Шкіра, гума	0,2 – 1,6	–	–	–
Дерево	0,4 – 4,2	0,1 – 0,7	–	0,0 – 0,3
Усього	10,0 – 25,5	15,9 – 31,4	23,0 – 33,9	24,7 – 35,5

Уся волога, що утримується у відходах, поділяється на „зовнішню” і „гігроскопічну”.

Під „зовнішньою” вологою розуміється волога, що втрачається речовиною при просушуванні його до повітряно-сухого стану. За повітряно-сухі відходи умовно приймаються відходи, що не змінюють своєї ваги при кімнатній температурі (близько 15...20°C) і нормальної відносної вологості повітря (50%).

Під гігроскопічною вологою розуміється волога, що втрачається повітряно-сухою речовиною при її просушуванні при 105°C. Гігроскопічна волога являє собою водяну пару, яка міцно утримується часточками речовини, її визначення необхідне для перерахування результатів аналізу повітряно-сухих відходів на абсолютно сухе навішення.

Загальна вологість відходів складається зі зовнішньої та гігроскопічної вологи.

Визначення зовнішньої вологості досить трудомістке, при цьому потрібні

спеціальні сушильні шафи, великі проби і тривалий час (5...8 днів), тому можна замінити цей аналіз швидким визначенням загальної вологості (при 105°C).

Відношення загальної до зовнішньої вологості ТПВ складає в середньому – 0,85.

Визначення загальної вологості ТПВ досягалось шляхом добору з лабораторної проби зразка вагою 50 г (з попереднім їхнім подрібненням) і наступним його просушуванням при 105°C до постійної ваги. Повторність 4-кратна.

Середні показники з чотирьох є загальним показником вологості досліджуваних відходів.

Загальна вологість відходів визначалася за формулою 3.2. Загальна вологість ТПВ м. Жовті Води дорівнює  $36,56 \pm 1,98$  %.

Знаючи загальну вологість ( $W$ ), можна розрахувати зовнішню вологість ( $B$ ) за формулою 3.3. Зовнішня вологість ТПВ м. Жовті Води становить 31,076%.

### 3.1.3 Еколого-економічні передумови необхідності вилучення корисних компонентів з ТПВ

Одним з найбільш поширених методів поводження з ТПВ є їх поховання на полігонах ТПВ, які займають значні площі родючих земель. Більшість полігонів поховання ТПВ діють з порушенням діючого законодавства і грубо порушують існуючі санітарні правила. Більшість полігонів фактично являються сміттєзвалищами, які розташовані в ярах або поблизу водоймищ і не мають необхідну герметизацію днища полігону. Тому виділений в результаті складування ТПВ на звалищах фільтрат проникає в підземні ґрунтові води і надає значної шкоди навколишньому середовищу. Окрім цього більшість звалищ не здійснюють пересипку ТПВ ґрунту, в результаті чого ТПВ самозаймаються і горять, тим самим забруднюють повітря токсичними речовинами в тому числі діоксинами. На більшості звалищ існують порушення санітарних правил щодо ручного збору утильних компонентів непрацюючими людьми, які не являються працівниками полігону.

Раніш було наведено, що ТПВ є джерелом вторинної сировини, яка може бути вилучена механізованими засобами та існуючим устаткуванням, які розповсюджені на гірничо-збагачувальних фабриках гірничо-металургійного комплексу. Так, існуючі грохоти, подрібнювачі, магнітні та електродинамічні сепаратори можуть бути використані для вилучення корисних компонентів ТПВ та повернення їх в народне господарство.

Такий підхід до рішення проблеми поводження з побутовими відходами є доцільним тому, що з однією сторони ми зменшуємо кількість ТПВ, які необхідно захоронять, а також токсичних складових ТПВ, які могли б потрапити на звалище, а з другої сторони виділені компоненти можуть бути знову використані як вторинна сировина.

Аналізуючи морфологічний склад ТПВ м. Жовті Води, виконаний ними в грудні 2004 року, можна розраховувати кількість корисних компонентів, які можуть бути вторинною сировиною.

За даними Держстатистики населення м. Жовті Води станом на 01.01.2003 складає 52,3 тис. чоловік. Кожна людина за рік накопичує  $1 \text{ м}^3$  ТПВ, щільність яких складає біля  $0,25 \text{ т/м}^3$ . Маючи дані по кількості населення м. Жовті Води, розрахуємо річну кількість ТПВ, які накопичуються у місті і складають 13075 т.

Знаючи результат морфологічного складу, підрахуємо кількість корисних складових ТПВ, які можуть бути виділені з відходів при умові вилучення 75 % більшості складових, окрім харчових відходів, вилучення яких приймаємо 50 %. Знаючи орієнтовні ціни декількох компонентів ми можемо підрахувати вартість вторинної сировини, може бути потенційно вилучена з ТПВ м. Жовті Води. Ці дані наведені у таблиці 3.3.

Як видно при вилученні корисних складових ТПВ міста Жовті Води на вищезазначених умовах кількість вторинної сировини буде 8173,6 т, що складає 62,5 % від річної кількості поховання ТПВ. Це значить, що звільнюється 37,5 % ємності полігону та зменшується площа їх поховання та збільшиться час експлуатації полігону. При цьому вартість тільки декількох корисних компонентів: паперу та картону, пластмасових виробів, харчових відходів, чорних та кольорових металів

складає 1585394 гривень за один рік.

Таблиця 3.3 – Кількість та вартість корисних складових ТПВ м. Жовті Вод, які можуть бути вилученні та утилізовані за один рік

Найменування складової частини ТПВ	Вміст в ТПВ, %	Кількість, т з урахуванням коеф. вилучення – 0,75	Можливість утилізації	Орієнтовна ціна, грн/т	Вартість, грн	Примітка
Папір, картон	9,2	902,2	++	300,0	270660,0	Потребує пакування
Пластмасові вироби	11,6	1137,5	++	300,0	341250,0	—
Харчові відходи	50,4	3294,9*	+	200,0	658980,0	Можлива переробка на біогаз та добрива
Текстиль	3,3	323,6	+	Потребує уточнення	—	—
Чорні метали (в тому числі олово)	4,2	411,9 (1,7)	++	500,0 (27000)	205100,0 (45900,0)	Потребує пакування
Кольорові метали	0,1	14,7	+	4320,0	63504,0	—
Скло	4,0	392,3	++	Потребує уточнення	—	—
Кості	0,7	68,6	+	—	—	—
Фаянс, будівельне відходи, каміння	12,9	1265,0	+	—	—	—
Шкіра, гума	0,9	88,25	+	—	—	—
Дерево	2,8	274,6	+	—	—	—
Усього		8173,6			1585394,0**	

\* – з врахуванням вилучення 50%;

- \*\* – без врахування корисних компонентів на яких не має ціни;
- + – потребує додаткової обробки;
- + + – вторинна сировина.

3.2 Аналіз властивостей та дослідження збагачуваності на сухих сепараторах з сильним магнітним полем ільменіт-сидеритової руди Іршанського родовища

Об'єкт дослідження – представницька проба хвостів збагачення Іршанського гірничо-збагачувального комбінату.

Мета дослідження – отримати товарний ільменітовий концентрат із вмістом ільменіту не менш 96,0% та вилученням ільменіту в концентрат не менш 95,0%.

Обладнання:

- високоінтенсивний роликовий магнітний сепаратор СМРС 12/50-РР;
- барабанний магнітний сепаратор БС 20/20-Н;
- барабанний магнітний сепаратор СМБ 31,5/30;
- стержневий магнітний сепаратор СК.

Умовні позначення:

*НМФ* – немагнітна фракція;

*МФ* – магнітна фракція;

$\gamma$  – масовий вихід продукту, %;

*МВ* – вміст магнітного в продукті, %;

$\varepsilon$  – вилучення магнітних включень, %.

### 3.2.1 Результати досліджень

#### *Етапи проведення досліджень*

Хвости збагачення Іршанського ГЗК були на першому етапі піддані мокрому гравітаційному збагаченню за комплексною багатостадійною схемою із використання гвинтових сепараторів, при цьому застосовували послідовні перечищення продуктів збагачення та циркуляцію проміжного продукту.

У результаті було виділено чорновий ільменітовий концентрат із вмістом

ільменіту 74...77% та вилученням близько 80%. Даний продукт був вихідним для проведення досліджень на різних типах сухих магнітних сепараторів.

*Підготовка чорного ільменітового концентрату до сухої магнітної сепарації*

Продукт було розкласифіковано за контрольним класом 1,6 мм і розквартовано на дільнику Джонса на 16 частин для подальших досліджень по сухій магнітній сепарації.

*Проведення сухої магнітної сепарації з метою видалення феромагнітних домішок на стержневому (барабанному) магнітному сепараторі з визначенням оптимальних параметрів поля*

Дві проби чорного ільменітового концентрату були просепаровані на барабанному та стержневому магнітних сепараторах для вилучення сильномагнітних матеріалів. Схеми сепарації зображені на рис. 3.1.

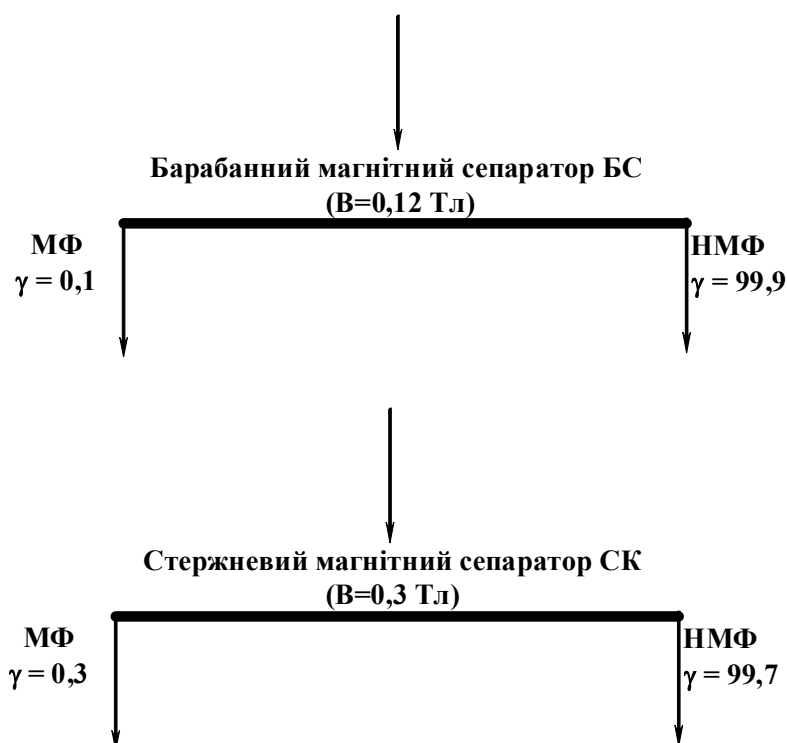


Рисунок 3.1 – Схеми магнітної сепарації

Феромагнітні частинки в даному продукті складають незначну частку. Проте для захисту стрічок роликового магнітного сепаратора необхідно встановити барабанний магнітний сепаратор з магнітною індукцією не більше 0,3 Тл.

Проведення сухої магнітної сепарації на роликовому високоінтенсивному магнітному сепараторі у дві та три стадії. Визначення оптимального режиму магнітної сепарації по продуктивності та індукції магнітного поля

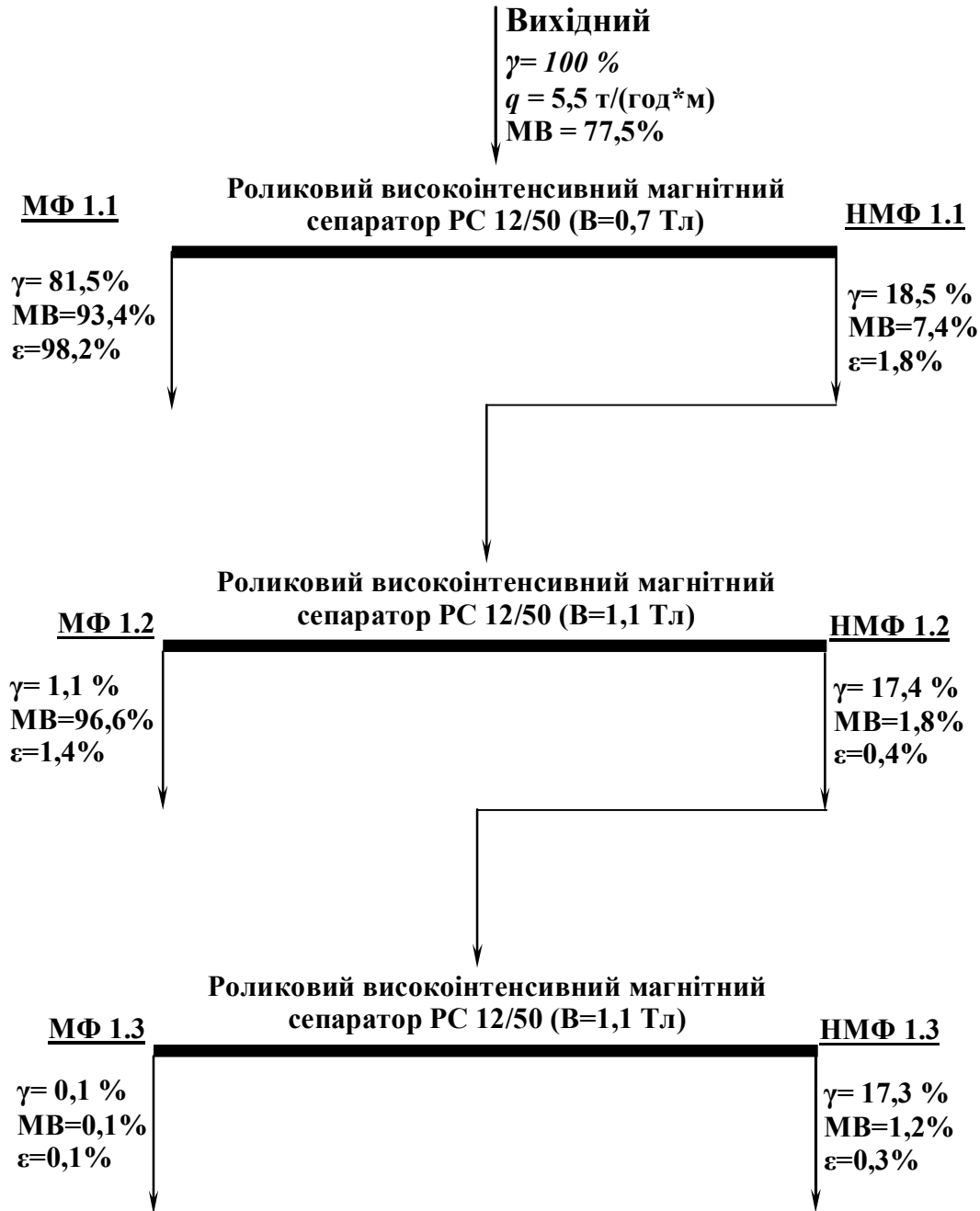


Рисунок 3.2 – Схема досліду 1

Сумарний вихід магнітної фракції складає 82,7% із вмістом магнітної частини 93,4%.



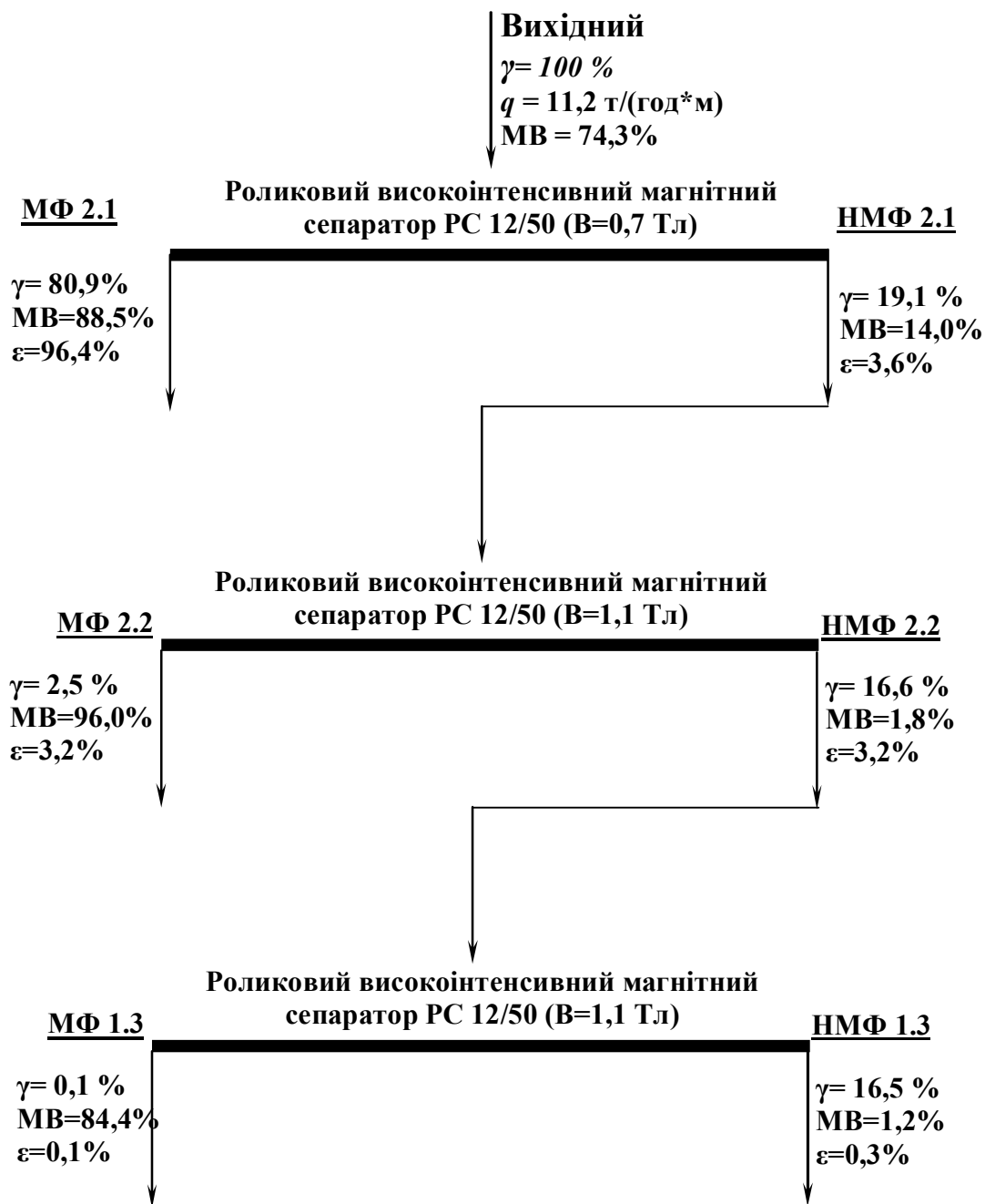


Рисунок 3.3 – Схема досліду 2

Сумарний вихід магнітної фракції складає 83,5% із вмістом магнітної частини 88,7%.

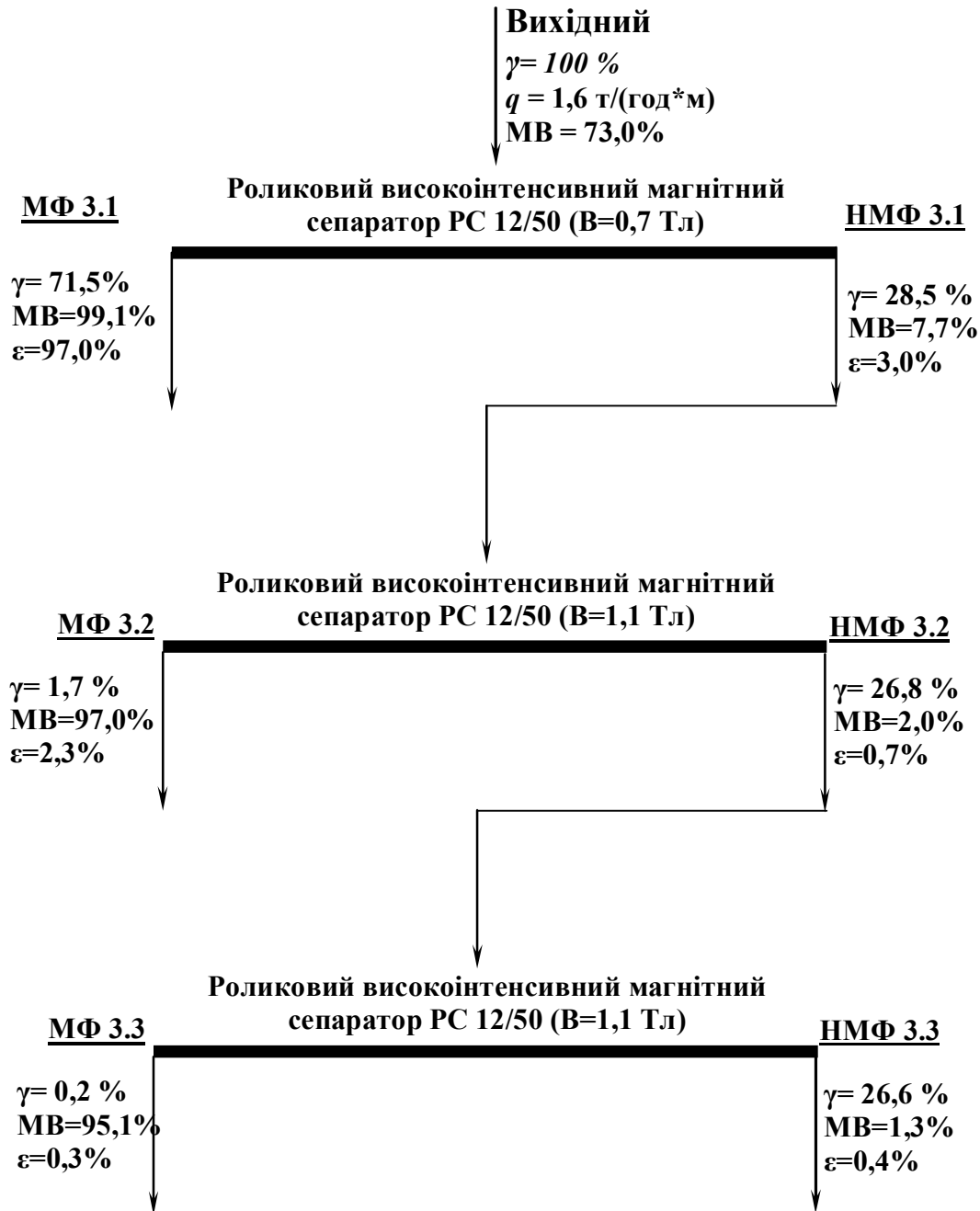


Рисунок 3.4 – Схема досліду 3

Сумарний вихід магнітної фракції складає 73,4% із вмістом магнітної частини 99,0%.

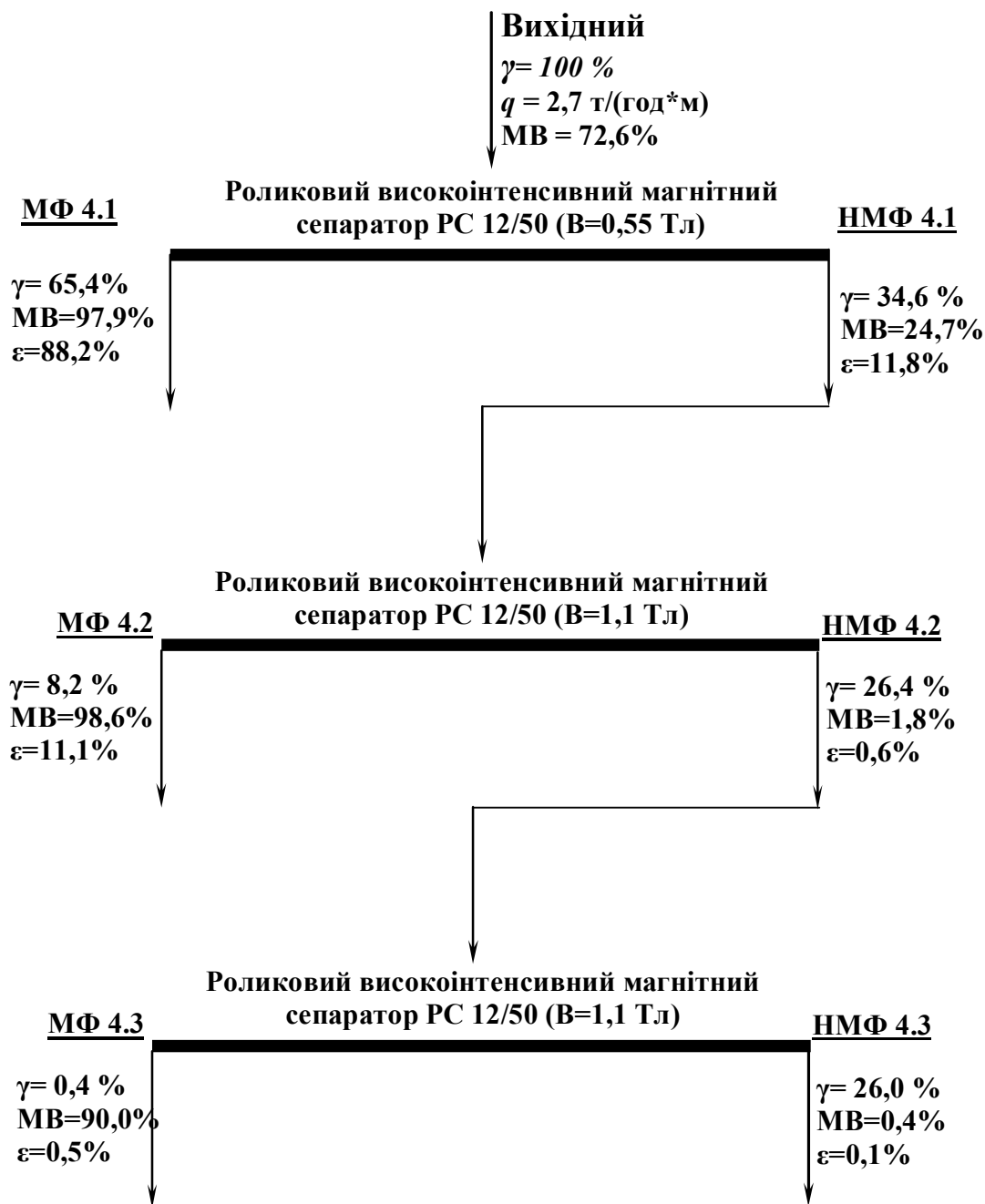


Рисунок 3.5 – Схема дослідю 4

Сумарний вихід магнітної фракції складає 74,0% із вмістом магнітної частини 97,9%.

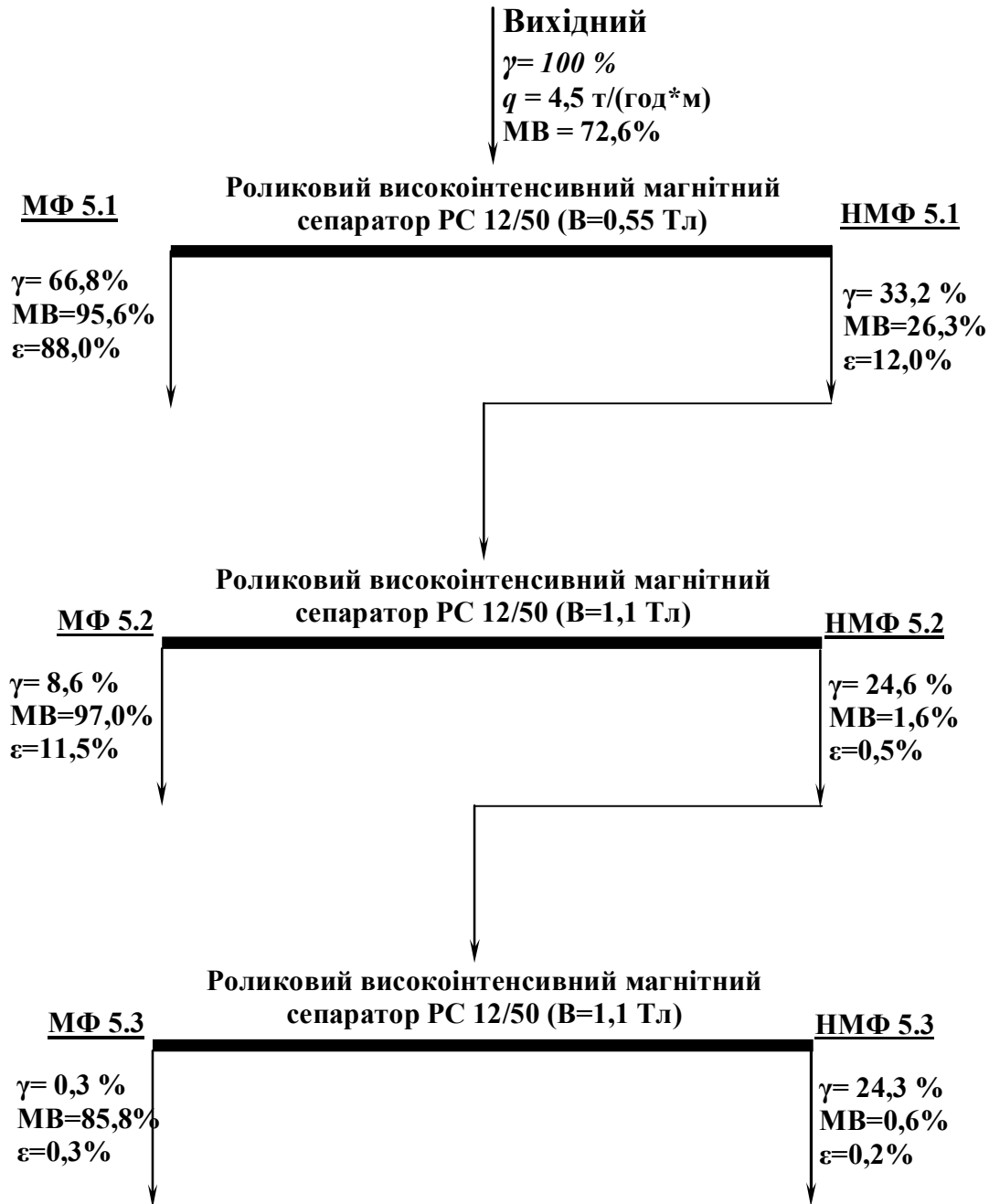


Рисунок 3.6 – Схема досліду 5

Сумарний вихід магнітної фракції складає 75,7% із вмістом магнітної частини 95,7%.

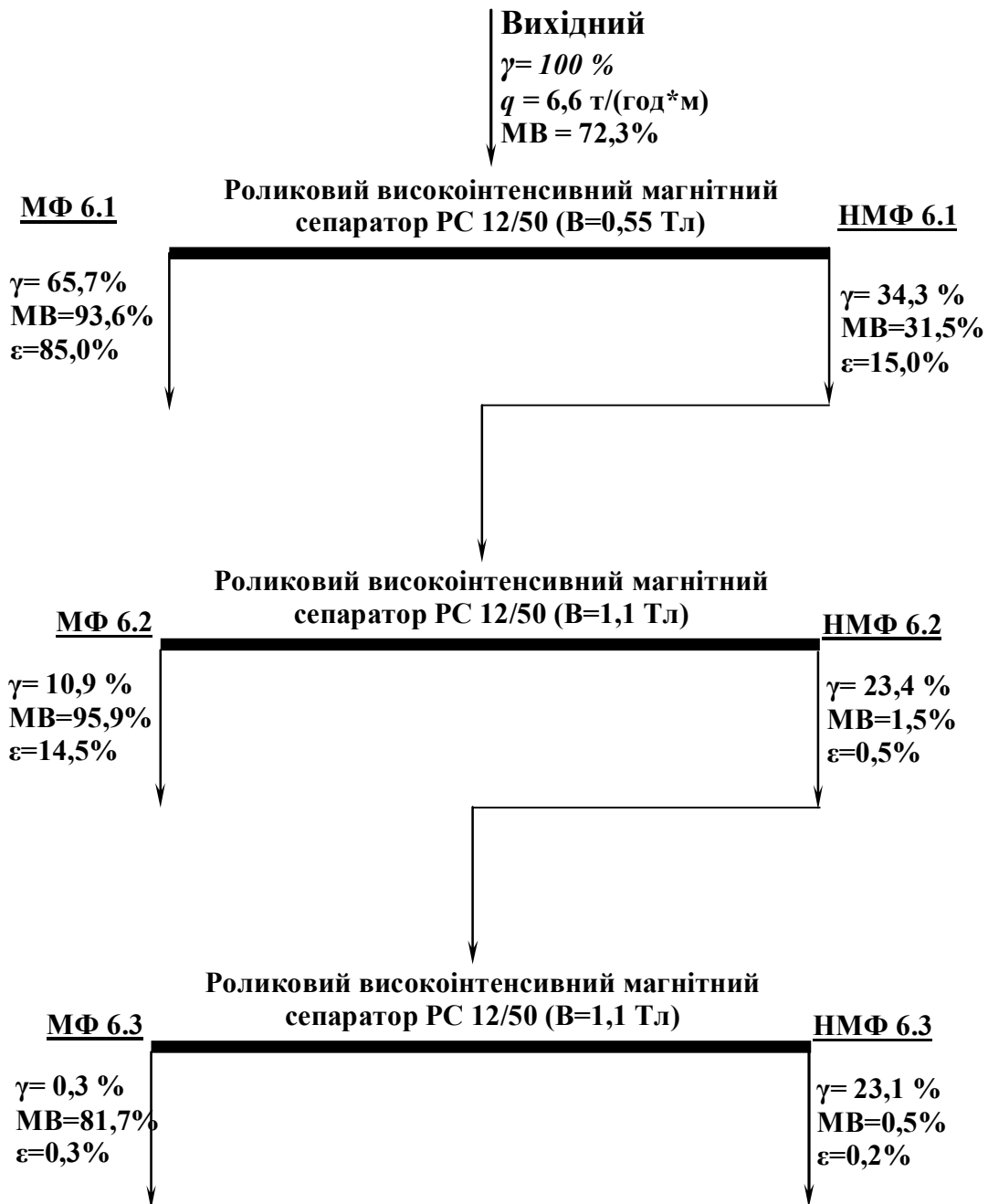


Рисунок 3.7 – Схема досліду 6

Сумарний вихід магнітної фракції складає 76,9% із вмістом магнітної частини 93,9%.

Враховуючи отримані дані оптимальний режим сепарації становить при продуктивності 4 т/год·м і магнітній індукції: 1 каскад сепаратора – 0,55 Тл, 2 і 3 каскад — 1,1 Тл. Для підтвердження даного режиму був проведений додатковий дослід 7.

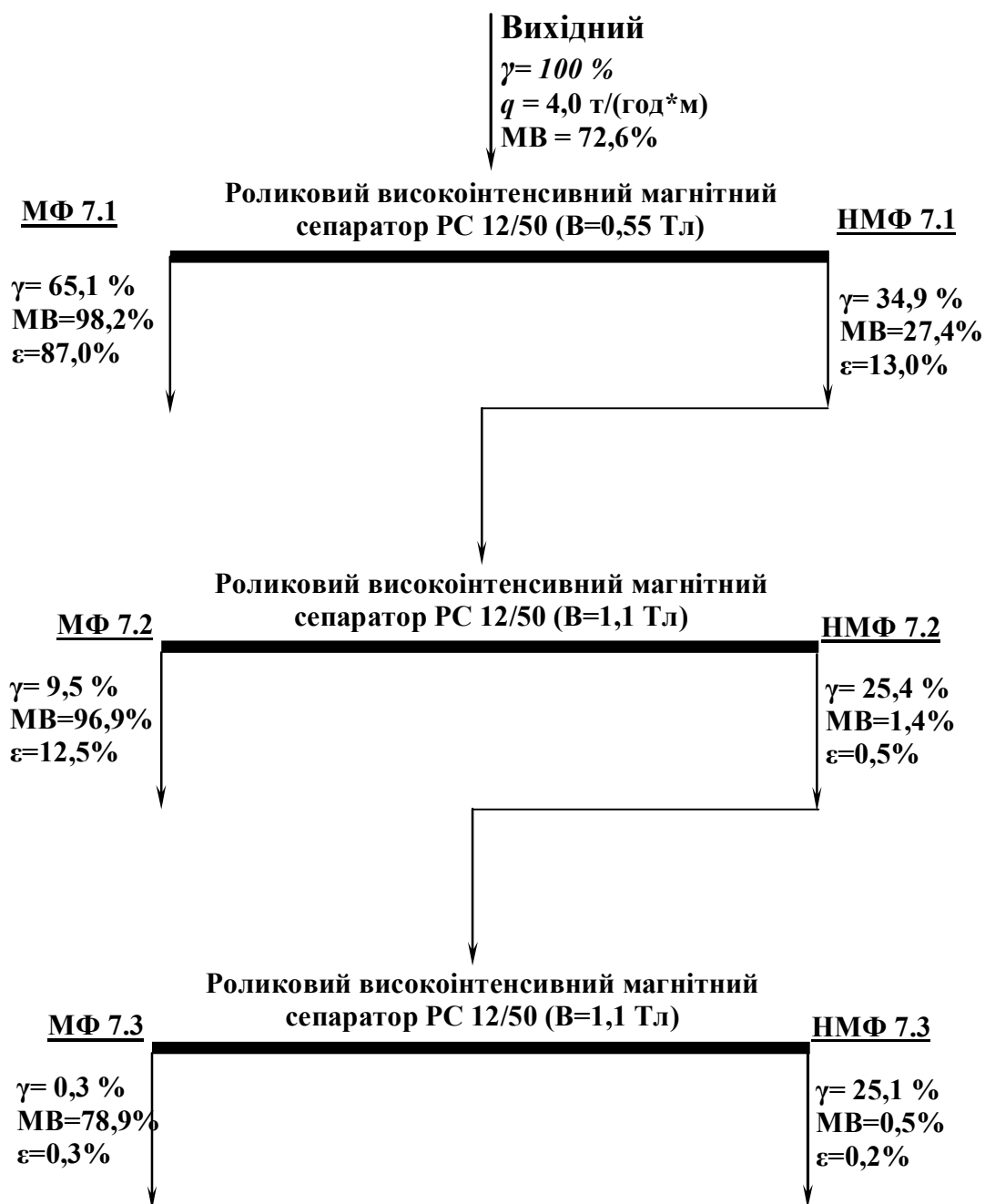


Рисунок 3.8 – Схема досліду 7

Сумарний вихід магнітної фракції складає 74,9% із вмістом магнітної частини 98,0%.

Проведення сухої магнітної сепарації на барабанному магнітному сепараторі у одну та дві стадії. Визначення оптимального режиму магнітної сепарації по продуктивності та індукції магнітного поля.

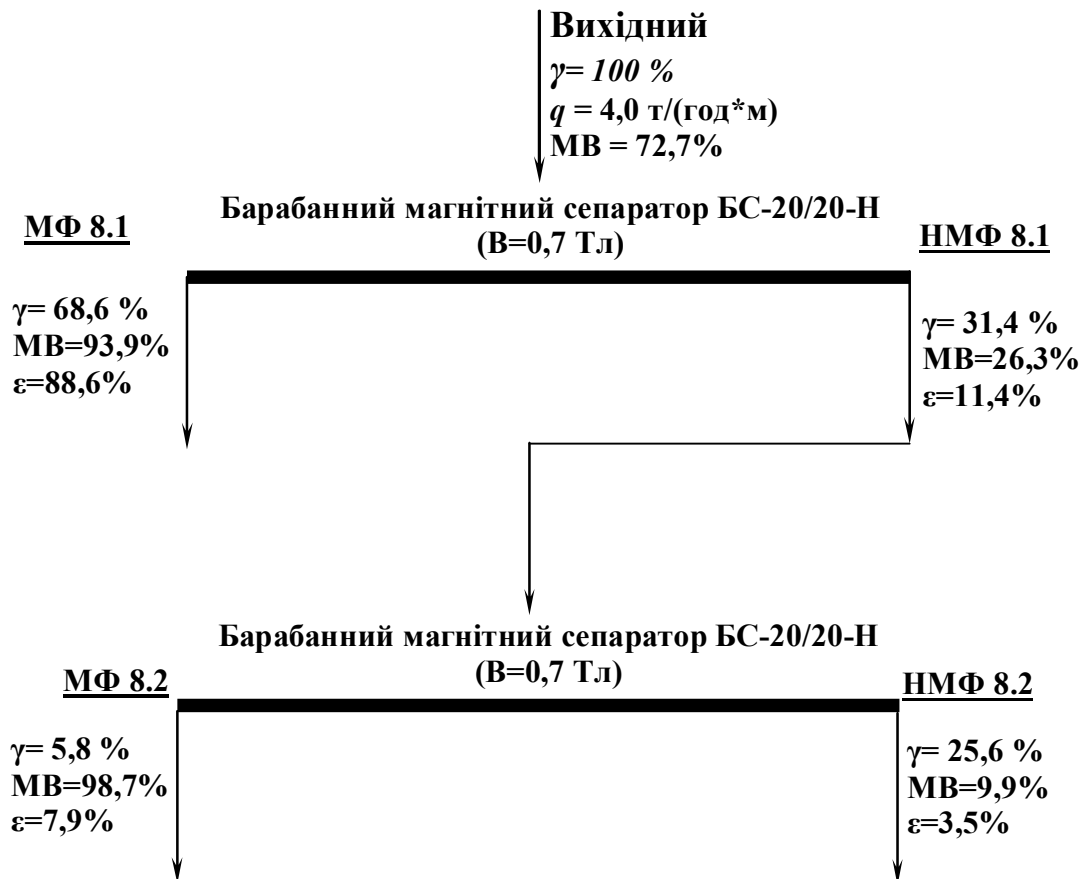


Рисунок 3.9 – Схема досліду 8

Сумарний вихід магнітної фракції складає 74,4% із вмістом магнітної частини 94,3%.

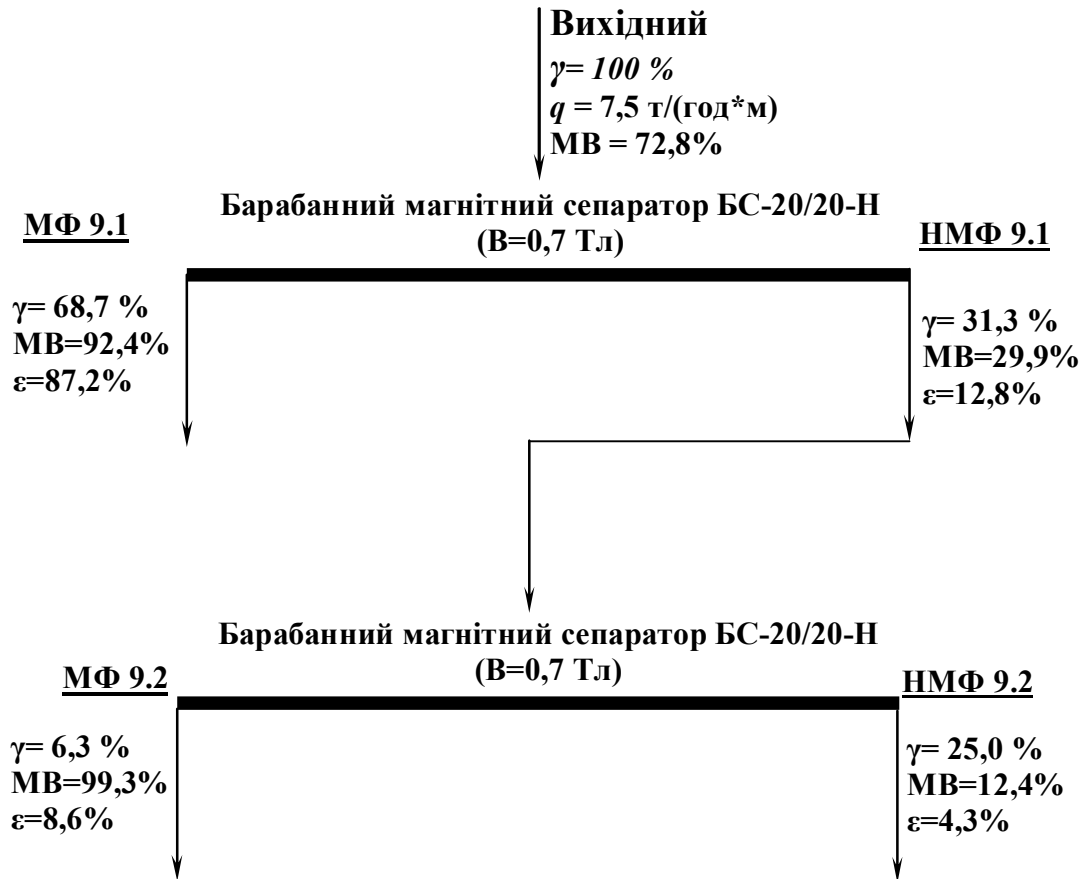


Рисунок 3.10 – Схема досліду 9

Сумарний вихід магнітної фракції складає 75,0% із вмістом магнітної частини 93,0%.



Проведення сухої магнітної сепарації на роликовому високоінтенсивному магнітному сепараторі та барабанному магнітному сепараторі по чергово. Визначення оптимального режиму магнітної сепарації по продуктивності

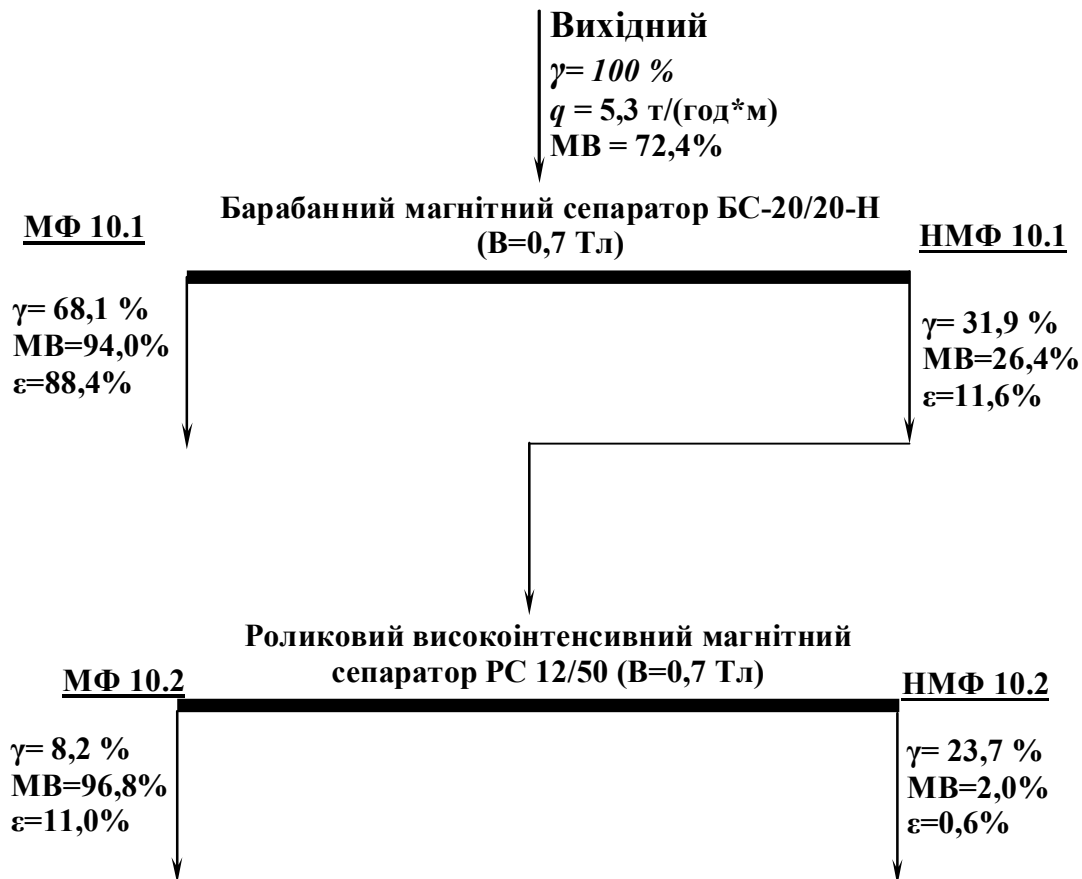


Рисунок 3.11 – Схема дослідю 10

Сумарний вихід магнітної фракції складає 76,3% із вмістом магнітної частини 94,3%.

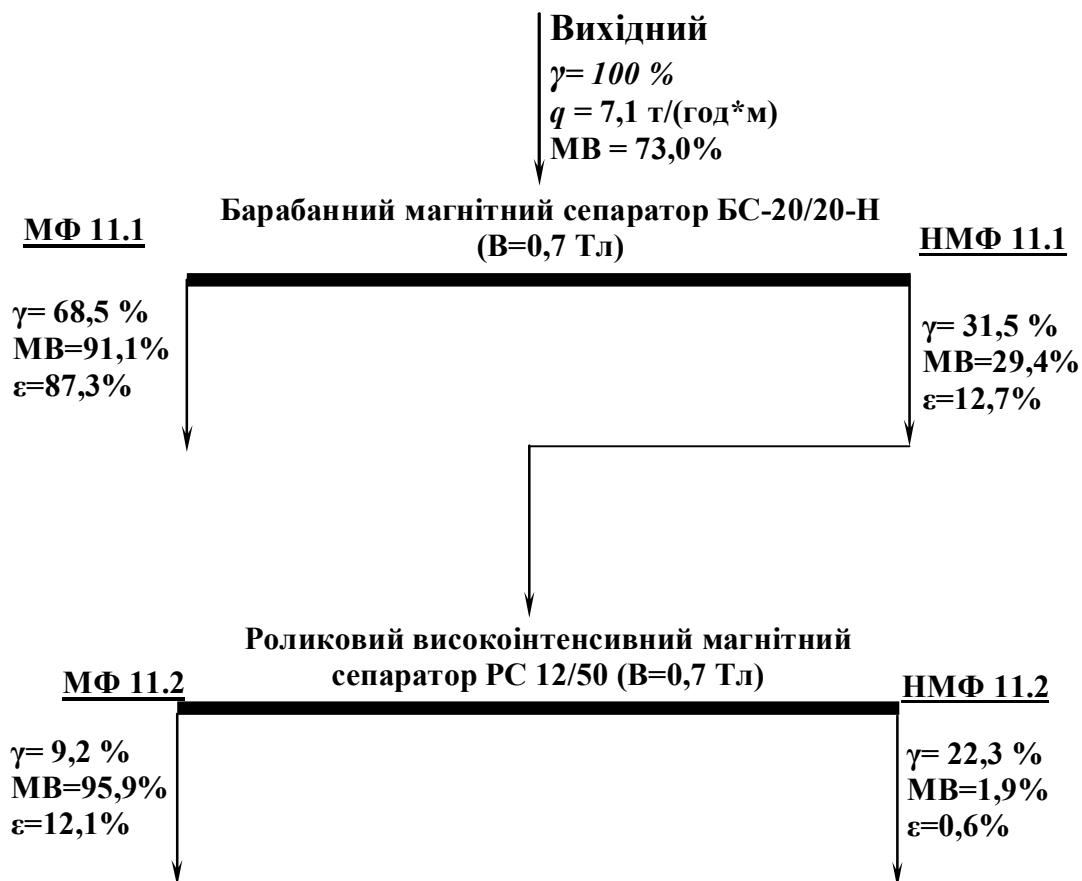


Рисунок 3.12 – Схема досліду 11

Сумарний вихід магнітної фракції складає 77,7% із вмістом магнітної частини 93,4%.

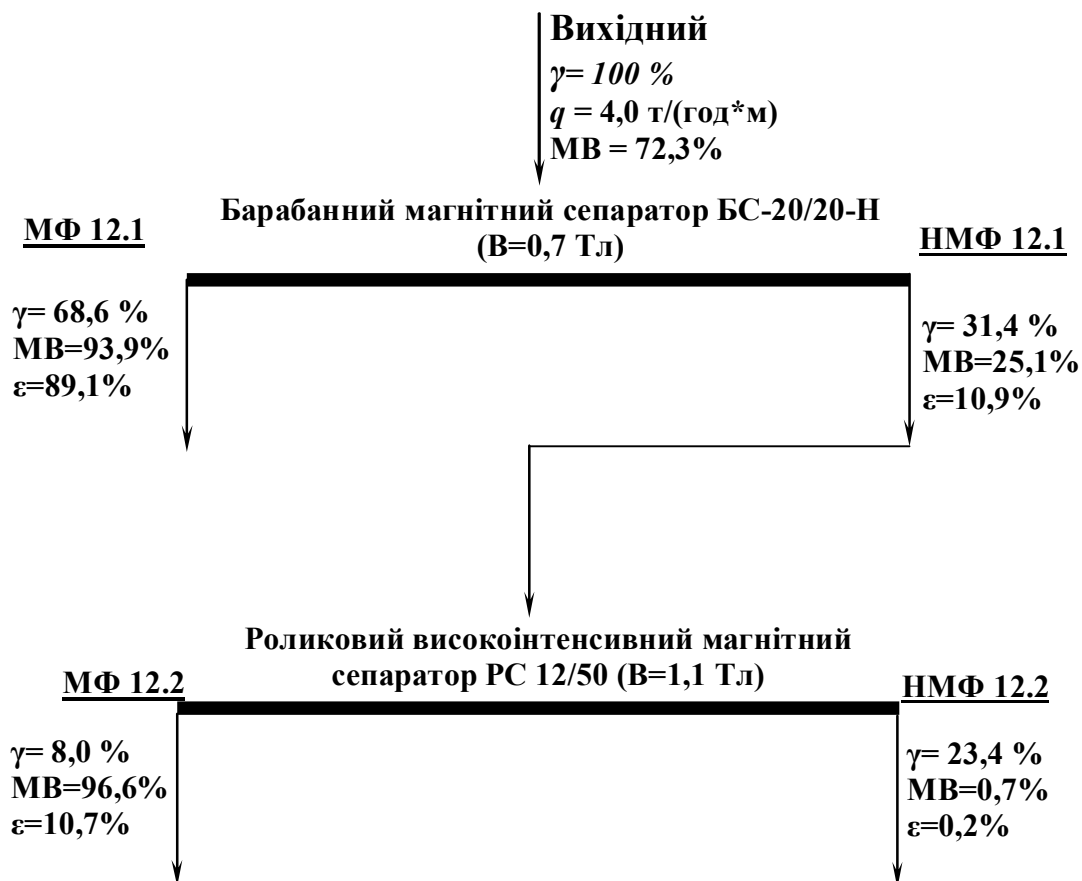


Рисунок 3.13 – Схема досліду 12

Сумарний вихід магнітної фракції складає 76,6% із вмістом магнітної частини 94,2%.

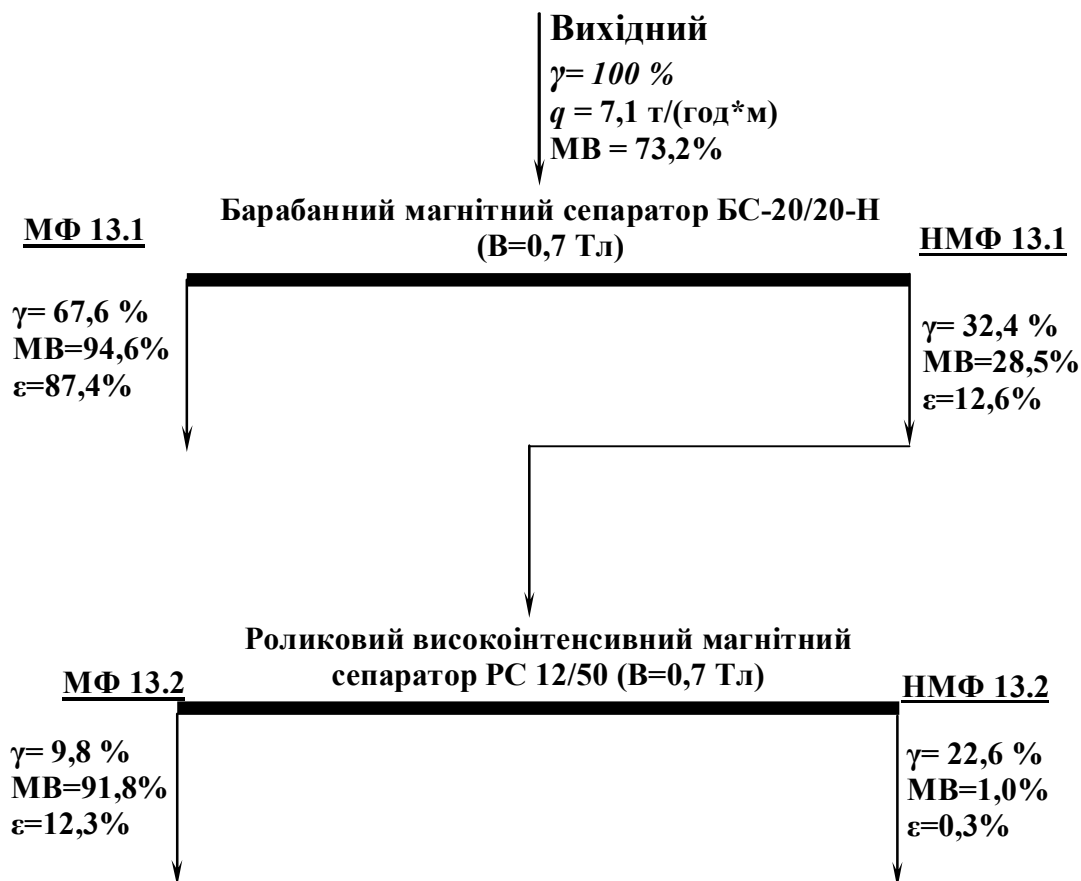


Рисунок 3.14 – Схема досліду 13

Сумарний вихід магнітної фракції складає 77,4% із вмістом магнітної частини 94,2%.

При використанні комплексу барабанного і роликових магнітних сепараторів оптимальний режим досягається при продуктивності 4 т/год·м і магнітній індукції: 1 каскад сепаратора (барабанний сепаратор) – 0,7 Тл, 2 і 3 каскад (роликовий сепаратор) – 1,1 Тл. Для підтвердження даного режиму був проведений додатковий дослід.

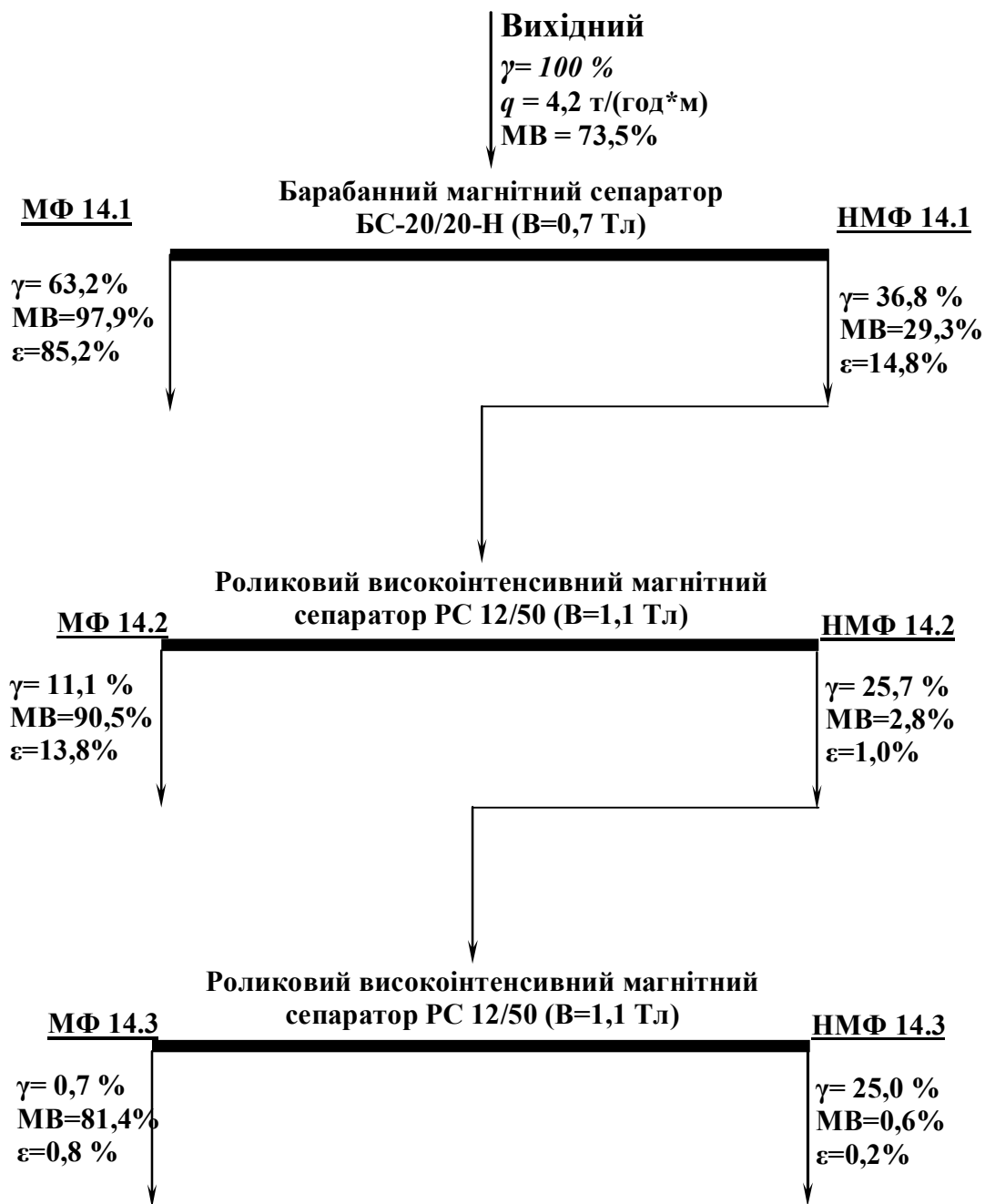


Рисунок 3.15 – Схема досліду 14

Сумарний вихід магнітної фракції складає 75,0% із вмістом магнітної частини 96,7%.

Поставлена задача (отримати концентрат із вмістом ільменіту не менше 96,0%) та вилучення ільменіту в концентрат не менше 95,0% досягається. В дослідях № 3, № 4, № 7 та № 14 вибрана оптимальна продуктивність, що становить 4 т/год·м.

Комплекс для доводки чорного ільменітового концентрату продуктивністю 10 т/год повинен включати барабанний магнітний сепаратор БС 31,5/30 та трьохкаскадний роликовий магнітний сепаратор ЗРС 12/150.

### 3.3 Дослідження збагачуваності ільменіт-сидеритової руди Іршанського родовища з використанням методів магнітної та електричної сепарації

В Іршанському родовищі існують ділянки ільменітових розсипів з високим вмістом сидериту. Ільменіт і сидерит мають однакову крупність і щільність. Іршанський ільменіт має широкий діапазон магнітної сприйнятливості. Магнітна сприйнятливість сидериту перебуває у верхньої границі магнітної сприйнятливості ільменіту. Це дозволяє виділити значну частину сидериту з найбільш магнітною частиною ільменіту. За електричними властивостями ільменіт є провідником, а сидерит – напівпровідником. Але значна частина цих мінералів має однакові електричні властивості. Все це утрудняє розділення ільменіту й сидериту. Тому ділянки з високим вмістом сидериту не розробляються, тому що ільменітово-сидеритові концентрати не знаходять збуту.

У проведених дослідженнях зроблена спроба підібрати такі режими магнітної й електричної сепарації, що дозволить досягти найбільш високого ступеню розділення цих мінералів.

Дослідження проводилися на пробі ільменіт-сидеритового концентрату. Мінералогічний склад проби наведений у таблиці 3.4.

Як вказувалося вище, магнітна сприйнятливість сидериту перебуває у верхньої границі магнітної сприйнятливості ільменіту. Тому для максимально можливого виділення сидериту проводилася магнітна сепарація на барабанному сепараторі з Ni-Fe-В магнітами. Індукція на поверхні барабана становила 0,36 Тл.

Таблиця 3.4 – Мінералогічний склад ільменіт-сидеритового концентрату

Мінерали	Зміст, %
Ільменіт	49,2
Сидерит	23,6
Марказит	1,9
Лейкоксен	0,3
Апатит	0,2
Циркон	0,3
Кварц	24,5

Магнітна сепарація проводилася у два прийоми (рис. 3.16). У першому прийомі виділялося три продукти: сильномагнітний (магнітний 1), менш магнітний (магнітний 2) і немагнітний. На другому прийомі проводилося перечищення магнітного продукту 2. У результаті сепарації отримано 48,5% магнітного продукту з вмістом ільменіту 48,85% і сидериту 44,1%. У немагнітному продукті барабанного сепаратора 49,5% ільменіту й 4,48% сидериту.

Магнітна сепарація дозволила виділити в магнітний продукт основну частину сидериту. Зміст ільменіту в обох продуктах практично однаковий. Далі обидва продукти магнітної сепарації піддавалися розділенню на барабанному електростатичному сепараторі (для розділення ільменіту й сидериту за електричними властивостями). Загальна схема збагачення ільменіт-сидеритового концентрату наведена на рис. 3.17.

При електросепарації магнітної фракції отримано 8,1% ільменітового концентрату з вмістом ільменіту 90,3% і сидеритовий продукт, що містить 51,3% сидериту. При електросепарації немагнітної фракції виділено 7,7% ільменітового концентрату з вмістом ільменіту 90,2% і 44,0% продукту (напівпровідникова й непровідникова фракції) з вмістом ільменіту 42,3% і сидериту 4,57%.

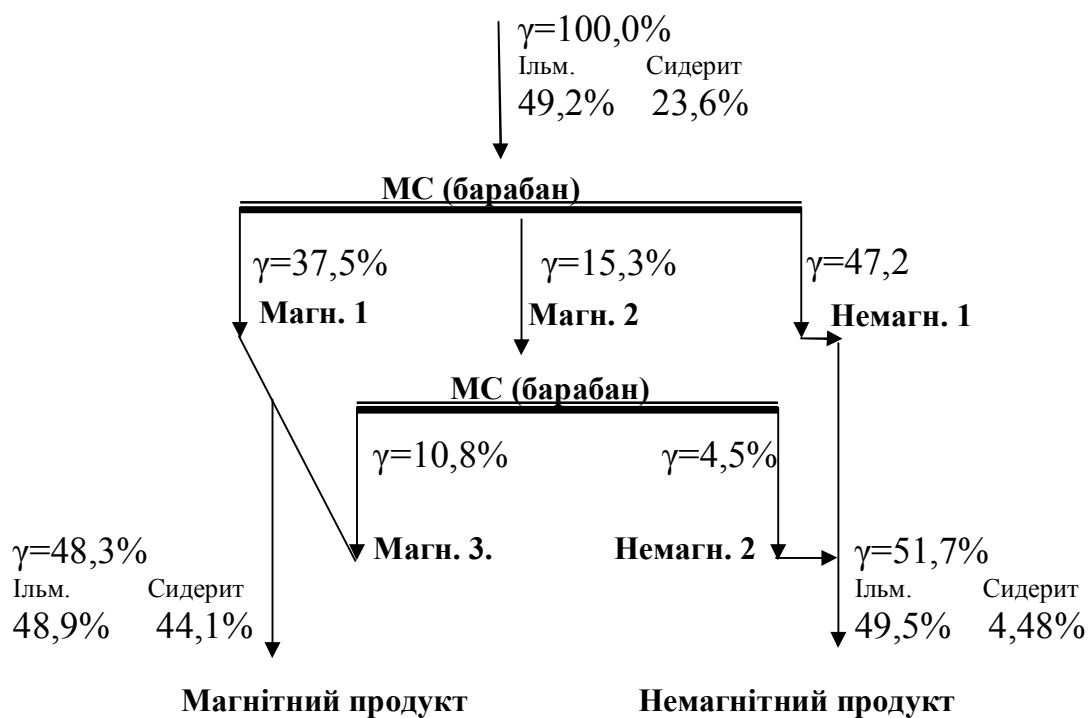


Рисунок 3.16 – Схема магнітного збагачення проби ільменіт-сидеритового концентрату

У такий спосіб за даною схемою отримано 15,8% ільменітового концентрату з вмістом ільменіту 90,25% і 40,2% сидеритового продукту, що містить 51,3% сидериту й 40,5% ільменіту.

Застосування розробленої технологічної схеми залежить від ситуаційної необхідності виїмки ільменітової руди на ділянках з високим вмістом сидериту.



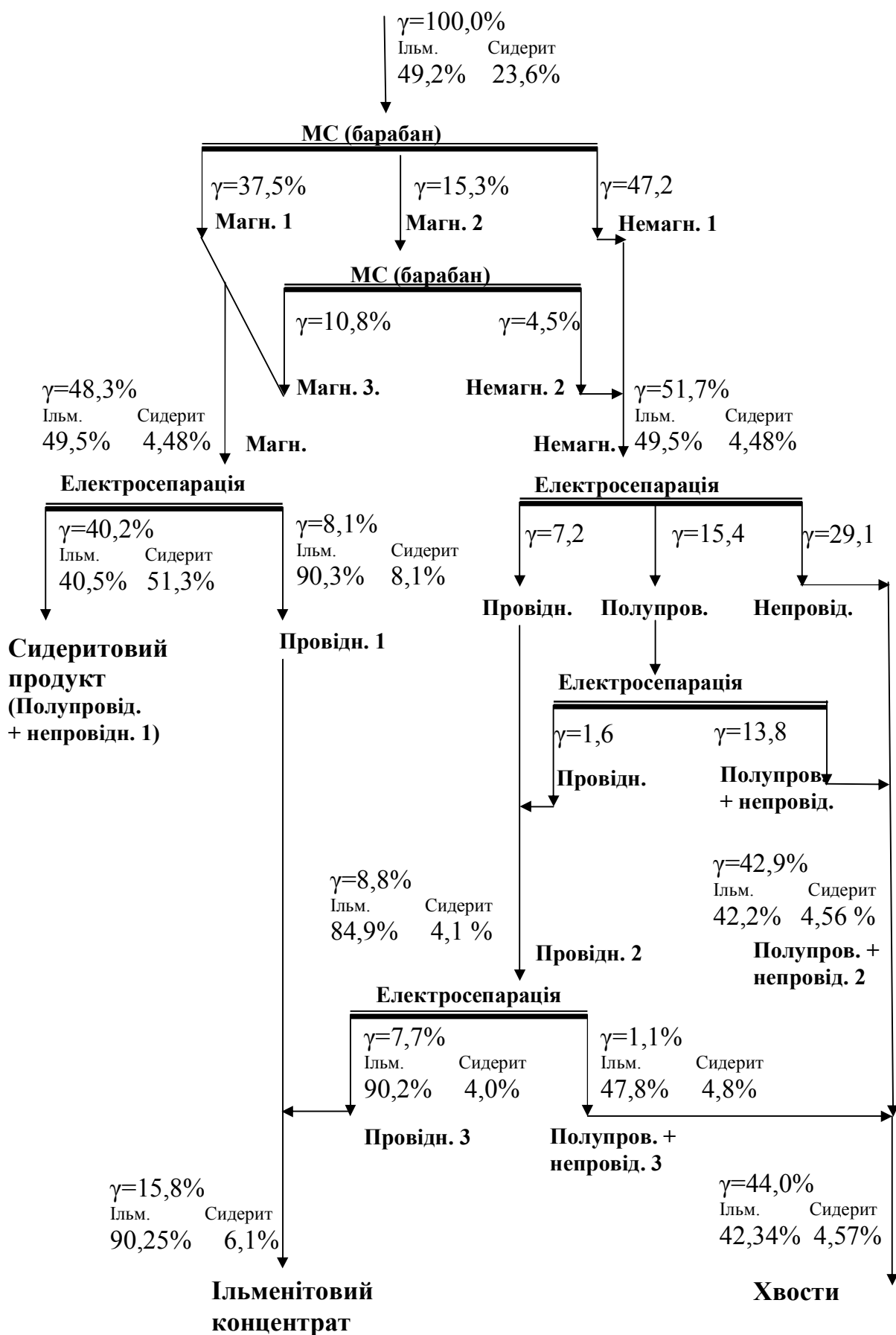


Рисунок 3.17 – Схема дозбагачення ільменіт-сидеритового концентрату

#### 4 ДОСЛІДЖЕННЯ НА ЗБАГАЧУВАНІСТЬ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ. АНАЛІЗ РОЗРАХУНКОВОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ НЕБЕЗПЕКИ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБАГАЧУВАНОСТІ ГРАНАТВМІЩУЮЧИХ ВІДХОДІВ НА СУХИХ СЕПАРАТОРАХ З СИЛЬНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

##### 4.1 Технологічна схеми переробки шлаків алюмінієвого виробництва

Розроблена технологічна схема і схема ланцюгів апаратів по отриманню металоконцентрату з відходів алюмінієвого виробництва, яка представлена на рис. 4.1 і 4.2.

З приймального бункера матеріал за допомогою живильника подається на шоківу дробарку первинного дроблення СМД-110. Далі роздроблений продукт прямує конвеєром К1 на другу стадію дроблення – на роторну дробарку ДР-1000.

Після роторної дробарки матеріал прямує конвеєром К2 на грохочення на грохоті ГІСЛ-53 (Г1), надрешетний продукт якого конвеєром К3 повертається на додроблення в роторну дробарку. Фракція крупності 15...25 мм поступає на валкову дробарку ДГВ-600, а фракція крупності 5...15 мм поступає далі на валкову дробарку ДГВ-470 і прямує конвеєром К4 на вібраційний грохот ГІСЛ-42 (Г2).

Надрешетний продукт цього грохоту – фракція +10мм прямує в контейнер для алюмінієвого металоконцентрату, а матеріал крупністю 5...10 мм прямує на валкову дробарку ДГВ-450. Матеріал крупністю –5 мм конвеєром К5 прямує у відходи.

Після валкової дробарки ДГВ-450 матеріал конвеєром К8 подається на грохот ГВ-21(Г4), надрешетний продукт якого прямує в контейнер для алюмінієвого металоконцентрату, а підрешетний продукт конвеєром К9 прямує у відходи.

Спрямована на валкову дробарку ДГВ-600 фракція крупністю 15...25 мм дробиться і далі конвеєром К6 прямує на грохот ГІСЛ-32 (Г3), надрешетний продукт якого +10 мм прямує в контейнер для алюмінієвого металоконцентрату. Фракція крупністю

5...10 мм прямує конвеєром К11 на дробарку молоткову ДМ-70, після якої роздроблений матеріал поступає на грохит ГВ-21 (Г5), надрешетний продукт якого прямує в контейнер для алюмінієвого металлоконтрату, а підрешетний продукт прямує конвеєром К12 у відходи.

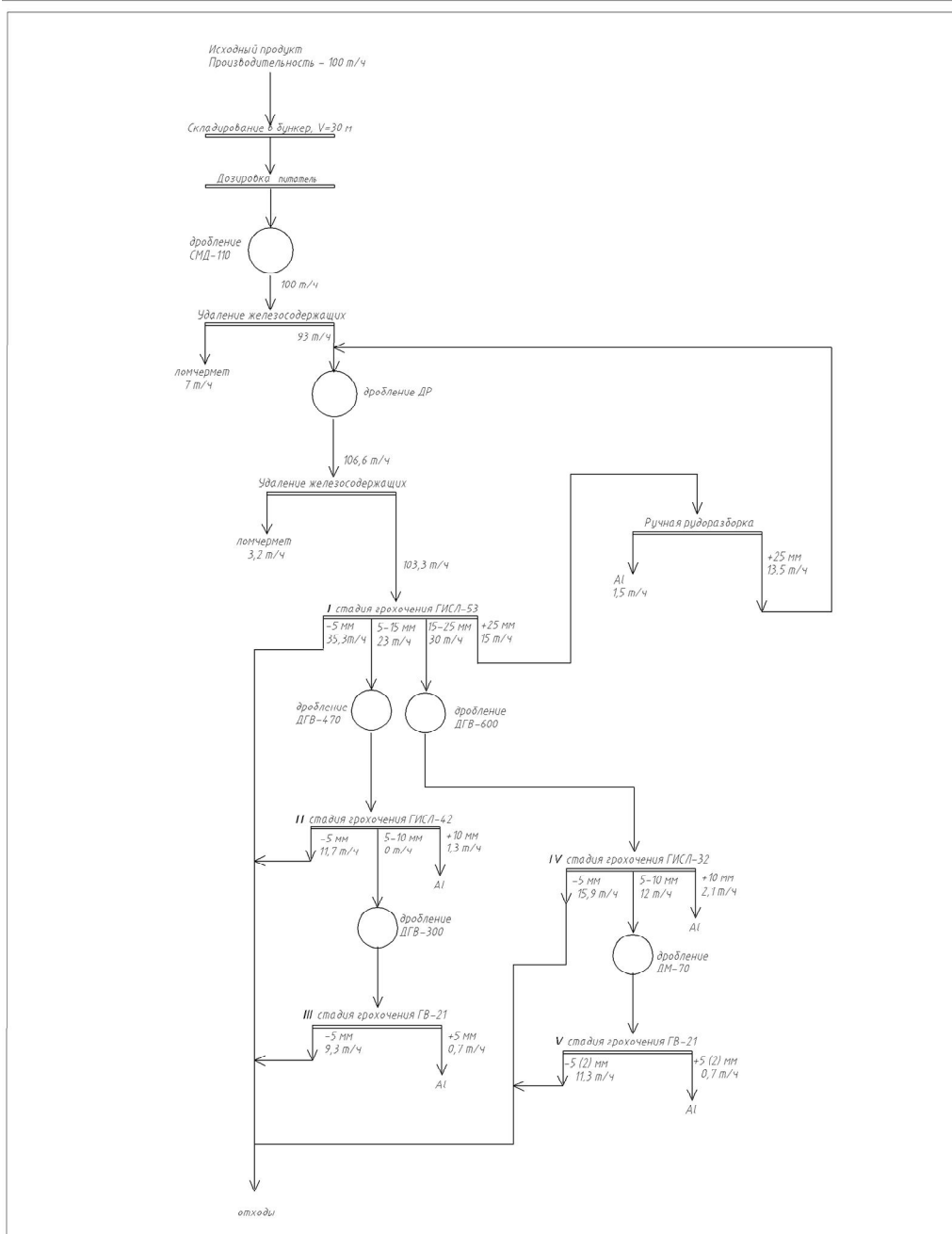


Рисунок 4.1 – Технологічна схема переробки відходів алюмінієвого виробництва

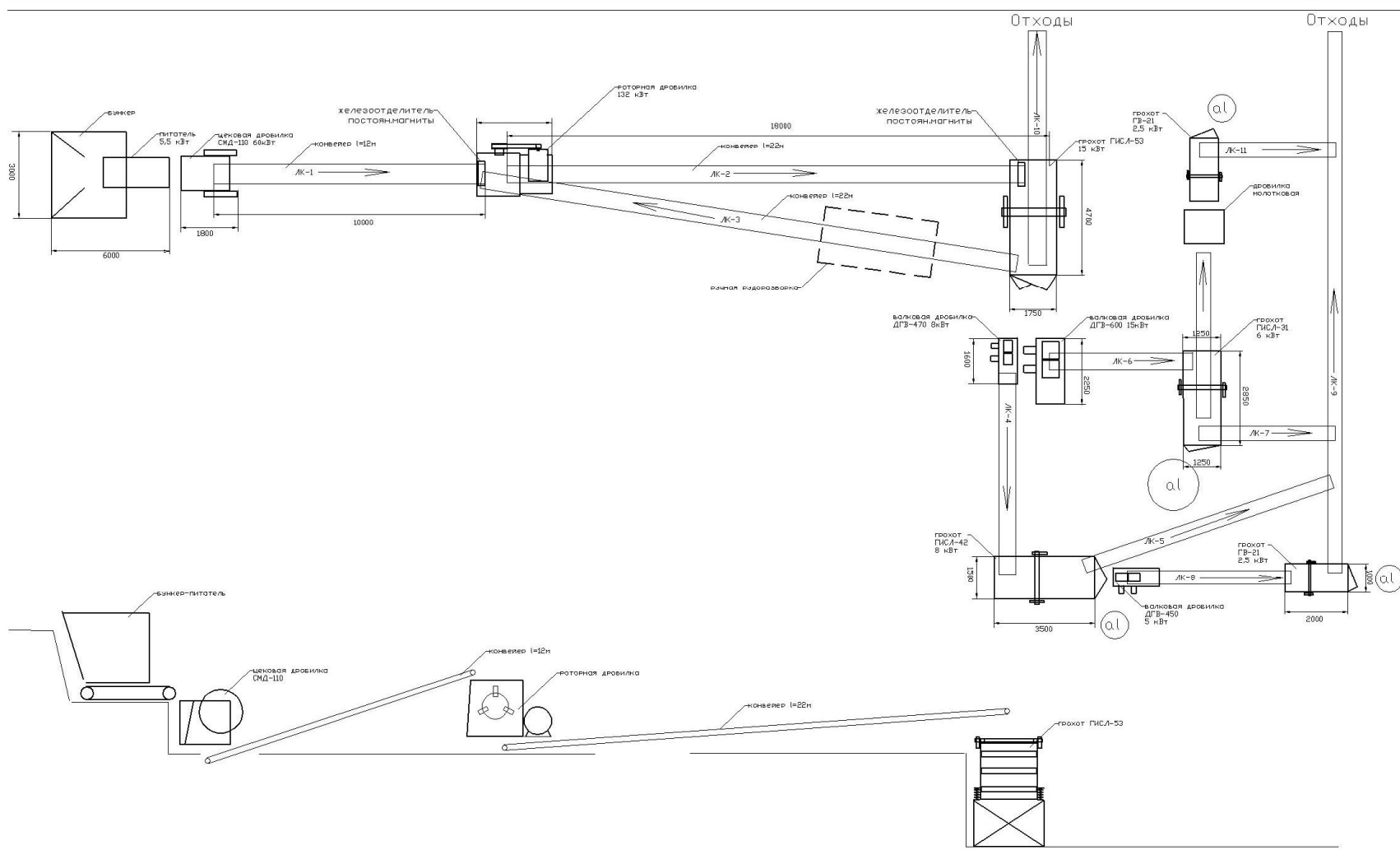


Рисунок 4.2 – Схема ланцюгу апаратів технологічної лінії переробки відходів алюмінієвого виробництва

### *Характеристика початкової сировини*

Сировиною є шлаки з вмістом заліза близько 10 % і алюмінію в межах 6...7 %.

Хімічний склад (основні елементи, в %  $\times 10^{-3}$ ) шлакової частини сировини, що переробляється, представлений нижче:

Va-250 V <0.3

Be-1 Ge <0.1

P<50 Mo-1

Cr-2 Li-1

Pb-20 La-2

Sn-20 Mn-50

K – 0,15 Bi-0,15

Ni-2 Nb <1

Zn-10 Sc <0.1

Co <0.3 Cu-70

Ti-200

### *Показники кінцевих продуктів збагачення*

Технологічна схема передбачає випуск металоконцентратів у відповідності з ДСТ 295-298 «Алюміній вторинний. Хімічний склад».

Масова частка хімічних елементів у металоконцентраті представлена нижче:

Al – 87%

Mg – 3%

Cu – 3,8

Zn – 3,3

Si – 5,0

Pb – 0,3

Вихід готової продукції (від вихідної сировини) має бути в межах 6,3...7,2 %.

## 4.2 Аналіз розрахункового методу визначення класу небезпеки промислових відходів в Україні

Державні санітарні правила і норми рекомендують визначати клас небезпеки відходів, які можуть мати безпосередній контакт з довкіллям (у випадку відсутності схем утилізації або видалення методом поховання) за ГДК їх хімічних складових у ґрунті. Необхідно відзначити, що визначити клас небезпеки досліджуваних відходів за ГДК їх інгредієнтів у ґрунті виявилось вельми скрутно, оскільки з 18 речовин, виявлених в шлаку і золі-унос, гранично допустимі концентрації в ґрунті мають лише 8 – Mn, Cr, Pb, Zn, Ni, Co, Cu і Cd (таблиця 4.1, [5]), та в правилах відсутні рекомендації для подібної ситуації. Внаслідок цього клас небезпеки досліджуваних відходів розраховувався за середньосмертельною дозою хімічних інгредієнтів відходів  $LD_{50}$ .

Клас небезпеки відходів за  $LD_{50}$  розраховується згідно з формулами 4.1 і 4.2:

$$K_i = \frac{\lg(LD_{50})_i}{(S + 0,1F + C_g)_i}, \quad (4.1)$$

де  $K_i$  – індекс токсичності кожного хімічного інгредієнта, що входить до складу відходу, величину  $K_i$  округлюють до першого знаку після коми;

$\lg(LD_{50})$  – логарифм середньої смертельної дози хімічного інгредієнта при введенні в шлунок;

$S$  – коефіцієнт, який відображає розчинність хімічного інгредієнта у воді (знаходять розчинність хімічного інгредієнта у воді в грамах на 100г води при температурі не вище 25°C, цю величину ділять на 100 і отримують безрозмірний коефіцієнт  $S$ , який в більшості випадків знаходиться в інтервалі від 0 до 1);

$F$  – коефіцієнт леткості хімічного інгредієнта (за допомогою довідників визначають тиск насиченої пари в мм рт.ст. інгредієнтів відходу при температурі 25°C, що мають температуру кипіння при 760 мм рт.ст. не вище 80°C; одержану величину ділять на 760 і отримують безрозмірну величину  $F$ , яка знаходиться в інтервалі від 0 до 1);

$C_g$  – кількість даного інгредієнта в загальній масі відходу, т/т;

$i$  – порядковий номер конкретного інгредієнта.

Таблиця 4.1 – Гранично допустимі концентрації хімічних речовин у ґрунті

Речовина	Формула	ГДК у ґрунті, мг/кг за металом
Кремнію двооксид	SiO <sub>2</sub>	-
Алюмінію окис	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Заліза окис (III)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Заліза окис (II)	FeO	-
Титану окис	TiO <sub>2</sub>	-
Фосфору окис	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-
Марганцю окис (II)	MnO	1500
Кальцію окис	CaO	-
Магнію окис	MgO	-
Калію окис	K <sub>2</sub> O	-
Натрію окис	Na <sub>2</sub> O	-
Хрому окис	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Свинцю окис	PbO	32
Цинку окис	ZnO	23
Нікелю окис	NiO	4
Кобальту окис	CoO	5
Міді окис	CuO	3
Кадмію окис	CdO	0,5

Після розрахунку  $K_i$  для інгредієнтів відходу, вибирають не більше 3, але не менше 2 ведучих, які мають найменші  $K_i$ ; при цьому  $K_1 < K_2 < K_3$ , крім того, повинна виконуватися умова  $2K_1 > K_3$ .

Індекс небезпечності відходу обчислюють наступним чином:

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i, n \leq 3, \quad (4.2)$$

де  $K_{\Sigma}$  – сумарний індекс безпеки. Він обчислюється за допомогою двох або трьох вибраних індексів токсичності, після чого, за допомогою таблиці 4.2 визначають клас безпеки та ступінь токсичності відходу.

За відсутністю  $LD_{50}$  для інгредієнтів відходу, але при наявності класу небезпеки цих інгредієнтів у повітрі робочої зони (ГОСТ 12.1.005-88), у формулу (4.1) підставляють умовні величини  $LD_{50}$ , що орієнтовно визначені за показниками класу небезпеки у повітрі робочої зони (табл. 4.3).

Таблиця 4.2 – Класифікація небезпеки відходів за  $LD_{50}$

Величина $K_{\Sigma}$ , отримана на основі $LD_{50}$	Клас небезпеки	Ступінь токсичності
Менше 1,3	I	Надзвичайно небезпечні
Від 1,3 до 3,3	II	Високо небезпечні
Від 3,4 до 10	III	Помірно небезпечні
Від 10 і більше	IV	Мало небезпечні

Таблиця 4.3 – Класи небезпеки у повітрі робочої зони і відповідні умовні величини  $LD_{50}$

Класи небезпеки у повітрі робочої зони	Еквівалент $LD_{50}$	$\lg(LD_{50})$
I	15	1,176
II	150	2,176
III	5000	3,699
IV	>5000	3,788

У якості прикладу для детального аналізу розрахункового методу визначення класу небезпеки відходів авторами даної роботи за відповідною методикою був визначений клас небезпеки продуктів спалювання твердих побутових відходів – шлаку та золи виносу Дніпропетровського заводу по термічній переробці твердих побутових відходів (ДЗТПТПВ). Проби цих відходів були відібрані в різні пори року.

Хімічний склад шлаку і золи-унос вітчизняних сміттєспалювальних заводів за різні періоди часу представлений в таблицях 4.4 і 4.5 відповідно. При складанні даних таблиць були використані результати як власних досліджень (склад відходів Дніпропетровського ССЗ), так і дані з робіт інших авторів [6, 7...10].



У таблиці 4.6 приведені фізико-хімічні і токсикологічні властивості інгредієнтів, що входять до складу продуктів спалювання ТПВ, визначені за літературними джерелами [11, 12...18].

У таблицях 4.7 і 4.8 приведені результати визначення індексів токсичності компонентів і обчислені на їх підставі класи небезпеки відповідно шлаку і золи-унос.

З даних, приведених в таблицях 4.7 – 4.8 видно, що при обчисленні сумарного індексу токсичності за даною методикою враховуються лише індекси  $K_i$ , відповідні першим трьом найбільшим значенням у ряді вмісту інгредієнтів. В даному випадку це були індекси  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  і  $\text{Na}_2\text{O}$ . Індокси токсичності останніх інгредієнтів при визначенні класу небезпеки розрахунковим методом абсолютно не враховуються.

Таблиця 4.4 – Хімічний склад шлаків сміттєспалювальних заводів, %

Інгредієнт	Київський		Дніпропетровський				Харківський			Кримський, 2001	
	2001	2006	весна 1996	осінь 1997	літо 2003	зима 2003	1985-1987		2001		2001
SiO <sub>2</sub>	57,40	76,60	70,00	53,20	61,50	63,40	57,80	62,20	56,50	57,80	24,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,70	3,90	5,85	13,00	5,60	5,60	6,70	9,15	15,60	6,60	14,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,50	2,10	2,17	7,80	2,84	6,00	2,30	2,75	5,70	6,51	4,00
FeO	-	-	0,57	11,23	2,98	1,20	-	-	-	-	-
TiO <sub>2</sub>	-	0,30	0,46	1,17	0,62	0,50	-	-	-	0,59	0,65
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	1,22	3,50	0,91	0,80	-	-	-	1,40	-
MnO	0,08	-	0,25	0,21	0,17	0,11	-	-	0,10	0,28	-
CaO	12,80	5,00	10,70	4,30	12,90	12,50	11,80	15,60	10,40	11,80	21,00
MgO	7,90	0,90	1,30	1,60	1,70	1,70	1,70	3,20	7,14	1,80	5,60
K <sub>2</sub> O	-	1,70	1,30	0,75	1,08	1,00	0,70	1,40	-	-	-
Na <sub>2</sub> O	0,20	1,00	1,85	1,30	4,05	4,60	3,20	5,00	0,33	6,41	3,30
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,05	-	0,10	0,04	-	-	-	-	-
PbO	-	-	0,10	0,04	0,43	0,05	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	0,22	0,13	0,39	0,54	-	-	-	-	-
NiO	-	-	0,01	0,04	0,01	0,01	-	-	-	-	-
CoO	-	-	0,001	0,004	0,01	0,01	-	-	-	-	-
CuO	-	-	0,07	0,11	0,19	0,07	-	-	-	-	-
CdO	-	-	0,001	0,0001	0,002	0,001	-	-	-	-	-

Таблиця 4.5 – Хімічний склад золи-уносу сміттєспалювальних заводів, %

Інгредієнт	Київський, 2006	Дніпропетровський		Харківський, 1985-87
		весна 1996	зима 2003	
SiO <sub>2</sub>	66,30	59,50	40,40	35,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,30	7,96	7,10	9,55
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	2,78	2,78	2,70
FeO	-	0,92	0,78	-
TiO <sub>2</sub>	0,40	0,72	1,16	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	0,67	2,00	-
MnO	-	0,11	0,16	-
CaO	10,40	14,50	18,00	17,85
MgO	1,40	0,75	1,74	2,90
K <sub>2</sub> O	2,00	0,15	5,70	5,90
Na <sub>2</sub> O	2,60	1,20	2,60	6,15
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,10	0,12	-
PbO	-	0,06	0,50	-
ZnO	-	0,13	1,20	-
NiO	-	0,01	0,01	-
CoO	-	0,002	0,01	-
CuO	-	0,02	0,07	-
CdO	-	0,002	0,02	-

Таблиця 4.6 – Фізико-хімічні й токсикологічні властивості інгредієнтів відходів

Інгредієнт	Коеф-т летючості $F$	Коеф-т розчинності $S$	$LD_{50}$ , мг/кг	Клас небезпеки	Еквівалент $LD_{50}$ , мг/кг
SiO <sub>2</sub>	0	0	–	III	5000
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	–	III	5000
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	–	III	5000
FeO	0	0	–	III	5000
TiO <sub>2</sub>	0	0	–	IV	10000
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	–	II	150
MnO	0	0	–	II	150
CaO	0	$1,3 \cdot 10^{-3}$	-	II	150
MgO	0	$6,2 \cdot 10^{-6}$	–	IV	10000
K <sub>2</sub> O	0	0	–	III	5000
Na <sub>2</sub> O	0	0	–	II	150
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	450	–	–
PbO	0	$2,8 \cdot 10^{-3}$	217	–	–
ZnO	0	$1,6 \cdot 10^{-6}$	–	II	150
NiO	0	0	–	II	150
CoO	0	0	202	–	–
CuO	0	0	273	–	–
CdO	0	$4,8 \cdot 10^{-6}$	67	–	–

Також необхідно відзначити, що вміст цих компонентів коливається у значному діапазоні: SiO<sub>2</sub> – від 24,5% до 76,6%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – від 3,9% до 17,7%; CaO – від 4,3% до 21,% (рис. 4.3), але клас небезпеки відходів при цьому залишається практично незмінним, оскільки значення сумарного індексу небезпеки  $K_{\Sigma}$  не виходить за межі діапазону 3,4...10,0; за винятком варіанту з шлаком Київського сміттєспалювального заводу.

Аналогічна ситуація спостерігається також із золою-унос: ширина діапазону коливань концентрацій складає 31,3% для  $\text{SiO}_2$ , 8% – для  $\text{CaO}$ , а значення сумарного індексу небезпеки у всіх випадках відповідає III класу небезпеки (рис. 4.4).

Що стосується вмісту важких металів в продуктах спалювання, то, як це видно на рис. 4.5, сумарна кількість цих токсикантів в шлаках складає від 2,1% до 19,6%, проте цей факт не знаходить відображення у зміні індексу небезпеки даних відходів. Не дивлячись на присутність у відходах як значних, так і незначних концентрацій важких металів, клас небезпеки шлаків залишається незмінним.

Отже, можна зробити висновок, що даний розрахунковий метод нечутливий до змін хімічного складу відходів. Крім того, даний метод ігнорує наявність у відходах найбільш токсичних елементів, їх присутність жодним чином не враховується при визначенні сумарного індексу небезпеки.

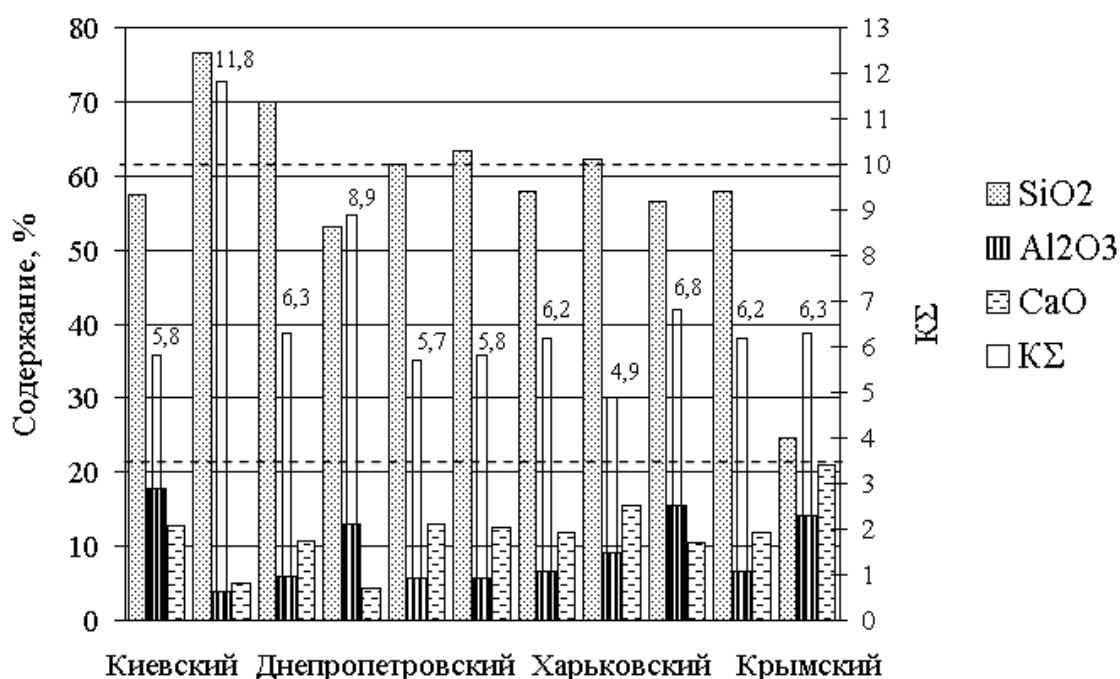


Рисунок 4.3 – Коливання вмісту основних компонентів в шлаках сміттєспалювальних заводів

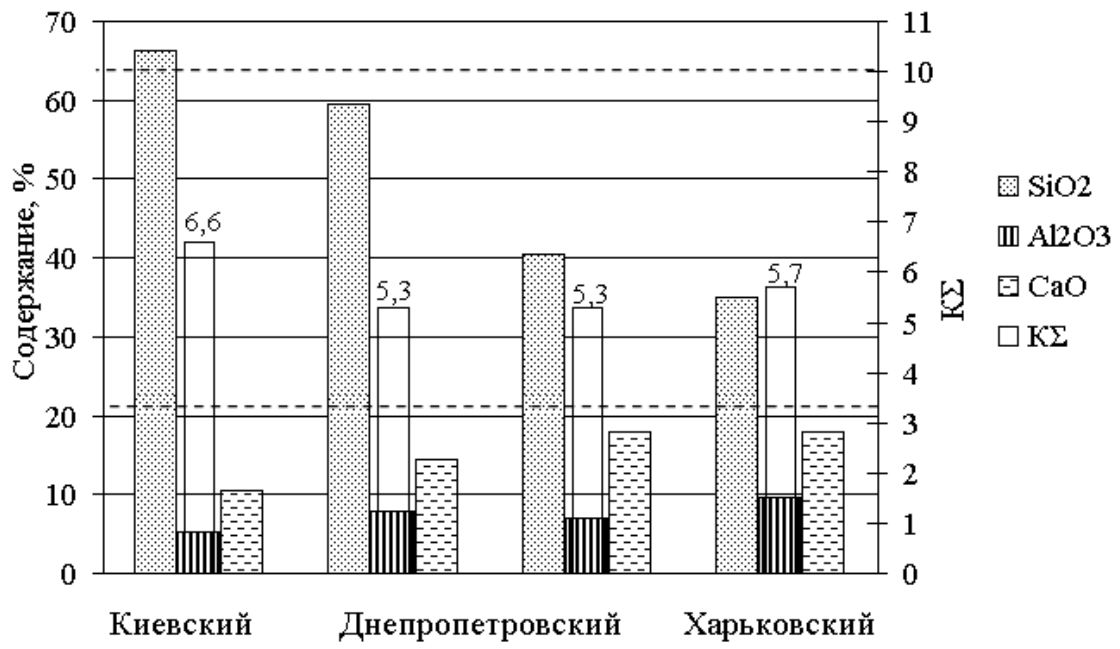


Рисунок 4.4 – Коливання вмісту основних компонентів в золі-уносі сміттєспалювальних заводів



Таблиця 4.8 – Результати визначення класу небезпеки золи-уносу сміттєспалювальних заводів

Інгредієнт	Індекс токсичності хімічного інгредієнту $K_i$			
	Київський, 2006	Дніпропетровський		Харківський, 1985-87
		весна 1996	зима 2003	
SiO <sub>2</sub>	5,6*	6,2*	9,2*	10,6*
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	69,8*	46,5*	52,1*	38,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	133,1	133,1	137,0
FeO	-	402,1	474,2	-
TiO <sub>2</sub>	1000,0	555,6	344,8	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	324,8	108,8	-
MnO	-	1978,3	1360,1	-
CaO	20,7*	14,9*	12,0*	12,1*
MgO	285,6	532,9	229,8	137,9
K <sub>2</sub> O	184,9	2466,0	64,9	62,7
Na <sub>2</sub> O	83,7	181,3	83,7	35,4*
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	2653,2	2211,0	-
PbO	-	696,2	301,2	-
ZnO	-	1671,9	181,3	-
NiO	-	21760,9	21760,9	-
CoO	-	115267,6	23053,5	-
CuO	-	12180,8	3480,2	-
CdO	-	73632,0	8916,4	-
$K_{\Sigma}$	6,6	5,3	5,3	5,7
Клас небезпеки	III	III	III	III

Примітка. \* – провідні індекси токсичності.

Таким чином, недосконалість існуючої методики визначення класу небезпеки промислових відходів обумовлює розбіжності в інтерпретації її положень, розбіжності в результатах розрахунку для одних і тих же відходів і, як наслідок, порушення гігієнічних вимог до поводження з небезпечними відходами.



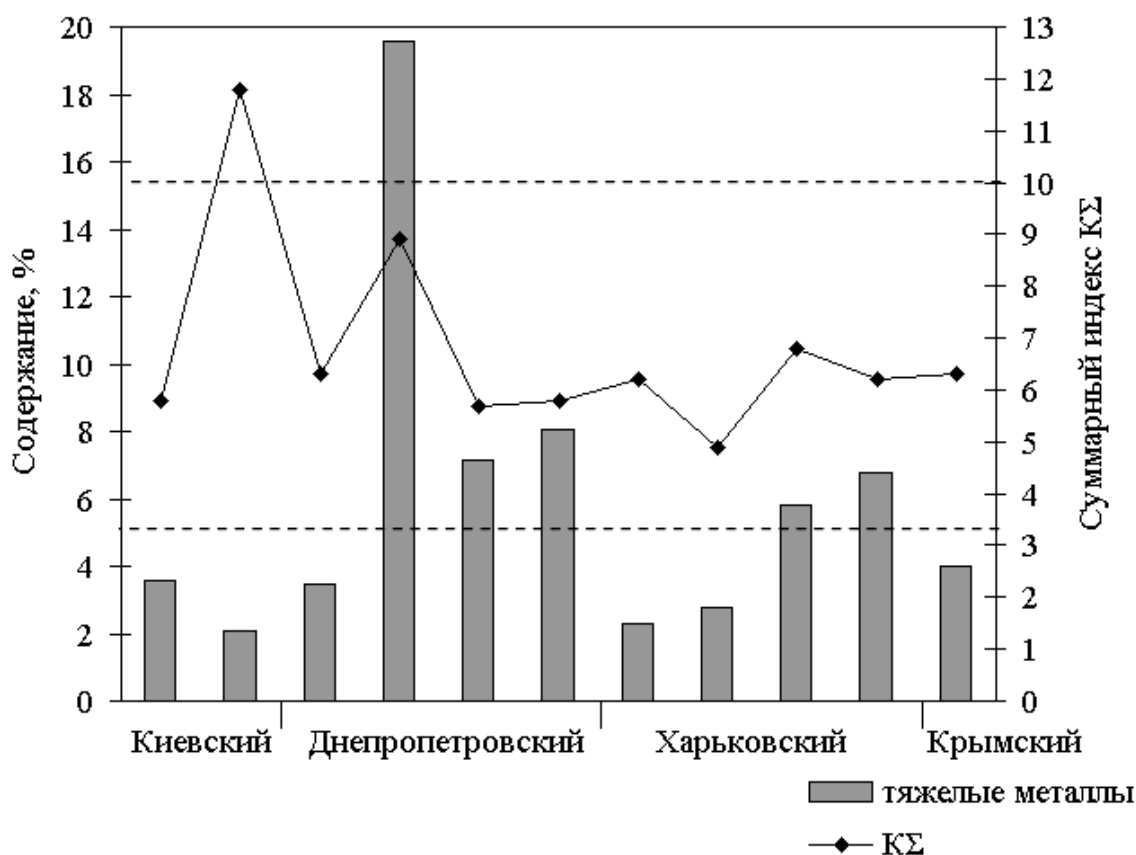


Рисунок 4.5 – Коливання вмісту важких металів у шлаках сміттєспалювальних заводів

Багатьох з цих недоліків позбавлений аналогічний нормативний документ, прийнятий в Російській Федерації «Критерії віднесення відходів до класу небезпеки для навколишнього природного середовища» [9] і розроблені на їх основі СП 2.1.7.1386-03 «Санітарні правила визначення класу небезпеки токсичних відходів виробництва і споживання» [20].

Відповідно до «Критеріїв...», клас небезпеки відходів встановлюється за ступенем можливої шкідливої дії на навколишнє природне середовище довкілля (НПС) при безпосередній або опосередкованій дії небезпечного відходу на нього. Відходи поділяються на п'ять класів небезпеки (таблиця 4.9).

Віднесення відходів до класу небезпеки для НПС може здійснюватися розрахунковим або експериментальним методами.

Таблиця 4.9 – Критерії віднесення небезпечних відходів до класу безпеки для навколишнього природного середовища

Ступінь шкідливого впливу відходів на НПС	Критерії віднесення небезпечних відходів до класу безпеки для НПС	Клас безпеки відходу для НПС
Дуже висока	Екологічна система незворотно порушена. Період відновлення відсутній	I клас надзвичайно небезпечні
Висока	Екологічна система сильно порушена. Період відновлення не менш 30 років після повного усунення джерела шкідливого впливу	II клас високо небезпечні
Середня	Екологічна система порушена. Період відновлення не менш 10 років після зниження шкідливого впливу від існуючого джерела	III клас помірно небезпечні
Низька	Екологічна система порушена. Період самовідновлення не менш 3-х років	IV клас мало небезпечні
Дуже низька	Екологічна система практично не порушена	V клас практично безпечні

В разі віднесення виробниками відходів певного виду відходу до 5-ого класу безпеки за допомогою розрахункового методу, необхідне його підтвердження експериментальним методом. За відсутності підтвердження 5-ого класу безпеки експериментальним методом відхід може бути віднесений до 4-ого класу безпеки.

Віднесення відходів до класу безпеки для НПС розрахунковим методом здійснюється на підставі показника  $K$ , що характеризує міру безпеки відходу при його дії на НПС, розрахованого за сумою показників безпеки речовин, що складають відходи ( $K_i$ ).

Показник небезпеки компоненту відходу  $K_i$  розраховується як відношення концентрації компоненту відходу до коефіцієнта ступеню небезпеки компоненту  $W_i$  за формулою:

$$K_i = \frac{C_i}{W_i}, \quad (4.3)$$

де  $C_i$  – концентрація і-го компонента у відході (мг/кг відходу);

$W_i$  – коефіцієнт ступеню небезпеки і-того компонента відходу для НПС (мг/кг).

Коефіцієнтом ступеню небезпеки компонента відходу для НПС є умовний показник, чисельно рівний кількості компонента відходу, нижче за значення якого він не чинить негативного впливу на НПС. Розмірність коефіцієнта ступеню небезпеки для НПС умовно приймається як мг/кг

Для визначення коефіцієнта ступеню небезпеки компонента відходу по кожному компоненту відходу встановлюються ступені їх небезпеки для різних природних середовищ відповідно до таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Токсикологічні, санітарно-гігієнічні і фізико-хімічні показники компонентів

№ п/п	Первинні показники небезпеки компоненту відходу	Ступінь небезпеки компоненту відходу для НПС по кожному компоненту відходу			
		1	2	3	4
1.	ГДК <sub>г</sub> <sup>1</sup> (ОДК <sub>г</sub> <sup>2</sup> ), мг/кг	<1	1-10	10,1-100	>100
2.	Клас небезпеки у ґрунті	1	2	3	-
3.	ГДК <sub>в</sub> (ОДУ, ОБРВ), мг/л	<0,01	0,01-0,1	0,11-1	>1
4.	Клас небезпеки у воді господарсько-питного використання	1	2	3	4
5.	ГДК <sub>р.г.</sub> (ОБРВ), мг/л	<0,001	0,001-0,01	0,011- 0,1	>0,1
6.	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	1	2	3	4
7.	ГДК <sub>с.д.</sub> (ГДК <sub>м.р.</sub> , ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	<0,01	0,01-0,1	0,11-1	>1

8.	Клас небезпеки у атмосферному повітрі	1	2	3	4
9.	ГДК <sub>пх</sub> (МДР, МДВ), мг/кг	<0,01	0,01-1	1,1-10	>10
10.	$Lg(S, \text{мг/л/ГДКп, мг/л})^3$	>5	5-2	1,9-1	<1
11.	$Lg(S_{\text{нас}}, \text{мг/м}^3/\text{ГДКр.з.})$	>5	5-2	1,9-1	<1
12.	$Lg(S_{\text{нас}}, \text{мг/м}^3/\text{ГДКс.д. чи ГДКм.р.})$	>7	7-3.9	3,8-1,6	<1.6
13.	$lg Kow$ (октанол/вода)	>4	4-2	1,9-0	<0
14.	$LD_{50}$ , мг/кг	<15	15-150	151-5000	>5000
15.	$LC_{50}$ , мг/м <sup>3</sup>	<500	500-5000	5001-50000	>50000
16.	$LC_{50}^{\text{водн}}$ , мг/л/96ч	<1	1-5	5,1-100	>100
17.	$БД = БСК_5 / ХСК$	<0,1	0,1-0,6	0,61-0,9	>0,91
18.	Персистентність (трансформація у оточуючому природному середовищі)	Утворення більш токсичних продуктів, у т.ч. тих, що мають віддалені ефекти або нові властивості	Утворення продуктів з більш вираженим впливом інших критеріїв небезпеки	Утворення продуктів, токсичність яких близька до токсичності вихідної речовини	Утворення менш токсичних продуктів
19.	Біоаккумуляція (поведінка у харчовій ланці)	Виражене накопичення у всіх ланках	Накопичення у декількох ланках	Накопичення в одній з ланок	Немає накопичення
	Бал (ступінь небезпеки компоненту відходу для ОНС)	1	2	3	4

Примітки:

- У випадках відсутності ГДК токсичного компонента відходу допустиме використання іншої нормативної величини, вказаної в дужках.
- Якщо  $S = \infty$ , то  $lg(S/\text{ГДК}) = 1$ , якщо  $S = 0$ , то  $lg(S/\text{ГДК}) = 0$ .
- Використані скорочення:

ГДКг (мг/кг)- граничнодопустима концентрація речовини в ґрунті;

ОДК- орієнтовно-допустима концентрація;

ГДКв (мг/л)- граничнодопустима концентрація речовини у воді водних об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового водокористування;

ОДР – орієнтовно-допустимий рівень;

ОБРД – орієнтовний безпечний рівень дії;

ГДКр.г.(мг/л)- граничнодопустима концентрація речовини у воді водних об'єктів рибогосподарського призначення;

ГДКс.д. (мг/м<sup>3</sup>) – середньодобова граничнодопустима концентрація речовини в атмосферному повітрі населених місць;

ГДКм.р. (мг/м<sup>3</sup>) – максимально разова граничнодопустима концентрація речовини в повітрі населених місць;

ГДКр.з. (мг/м<sup>3</sup>) – граничнодопустима концентрація речовини в повітрі робочої зони;

МДВ – максимально допустимий вміст;

МДР – максимально допустимий рівень;

S (мг/л) – розчинність компонента відходу (речовини) у воді при 20°C;

Снас (мг/м<sup>3</sup>) – насичуюча концентрація речовини в повітрі при 20°C і нормальному тиску;

Kow – коефіцієнт розподілу в системі октанол/вода при 20°C;

LD50 (мг/кг) – середня смертельна доза компонента в міліграмах речовини на 1 кг живої ваги, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при однократному пероральному введенні в уніфікованих умовах;

LD<sup>шкірн</sup><sub>50</sub> (мг/кг) – середня смертельна доза компонента в міліграмах речовини на 1 кг живої ваги, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при однократному нанесенні на шкіру в уніфікованих умовах;

LC50 (мг/м<sup>3</sup>)- середня смертельна концентрація речовини, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при інгаляційному вступі в уніфікованих умовах;

БД – біологічна дисиміляція;

ГДКв.р. (мг/л) – граничнодопустима концентрація хімічної речовини у воді водоймища, що використовується для рибогосподарських цілей;

ГДКпх (мг/кг) – граничнодопустима концентрація хімічної речовини в продуктах харчування;

КМЮ – коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння – відношення концентрації насичення речовини в повітрі ( $C_{нас}$ ) до LC50 для лабораторних тварин при інгаляційному вступі в уніфікованих умовах (20°C, експозиція – 2 години, миші; 4 години – щури).

#### 4.3 Дослідження збагачуваності гранатвміщуючих відходів на сухих сепараторах з сильним магнітним полем

У склад гранітів деяких родовищ Київської області поряд з іншими мінералами, входять піроп-альмандінові гранати. Основна продукція підприємств з розробки цих родовищ – каміння розміром більше 4...5 мм. Відходом виробництва, що не знаходить достатнього ринку збуту, є відсів (фракція крупністю менше 4,0 мм), в якому вміст гранатів сягає 17...22%. Таким чином, відсів є вторинним сировинним ресурсом, з якого можливо одержати гранатовий концентрат. Вимоги ринку до гранатового концентрату такі, що він повинен містити не менш 96...98% граната.

Типова сумарна гранулометрична характеристика відсіву за "мінусом" представлена на рис. 4.6).

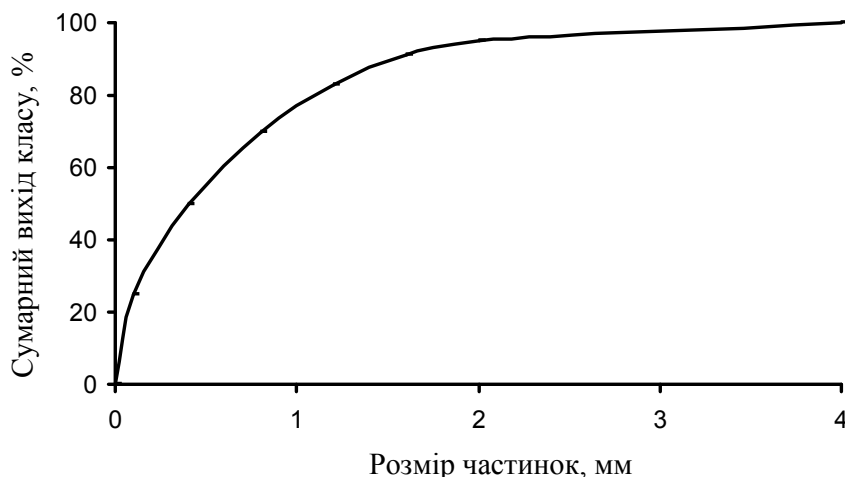


Рисунок 4.6 – Сумарна гранулометрична характеристика відсіву за "мінусом"

При збагаченні фракції менше 0,8 мм, вміст якої у відсіві становить 65...70%, на стрічковому магнітному сепараторі з трьома прийомами перечистної магнітної сепарації був отриманий концентрат, що містить 70...85% граната, що не відповідає кондиціям. Основними шкідливими домішками, які не дозволили досягти концентрату необхідної якості, були біотит, кварц і слюда.

Для з'ясування можливості одержання кондиційного гранатового концентрату Національним гірничим університетом були виконані дослідження із застосуванням магнітної й електростатичної сепарації в повітряному середовищі, які проводилися на представленій пробі чорного гранатового концентрату крупністю – 0,8 +0,2 мм, зі вмістом граната 50...60%.

Магнітна сепарація виконувалася на сепараторі ПБС–130/0,7, що розроблений фірмою "Магнітні й гідравлічні технології". У даному сепараторі магнітна система виконана зі сплаву Nd-Fe-B і створює індукцію на поверхні барабана 0,3...0,4Тл. Електросепарація виконувалася на лабораторному коронному електростатичному сепараторі.

Після попередніх експериментальних досліджень було визначено, що гранатовий концентрат необхідної якості можливо одержати при збагаченні вузького класу крупності – 0,4 + 0,2 мм, як найбільш розкритого і який має високу ефективність розділення. При збагаченні вузького класу крупності +0,8 – 0,4 мм був отриманий концентрат з вмістом граната 83...85%, через неповне розкриття граната в даному діапазоні крупності.

Для розробки технології одержання гранатового концентрату безпосередньо з відсіву були проведені додаткові дослідження на пробі крупністю – 0,4 мм, з якої не вдалося одержати концентрат необхідної якості, тому що представлена проба містила до 50% пилу (матеріалу крупністю – 0,2 мм). Цей матеріал має низьку ефективність розділення сухими методами збагачення. При магнітній сепарації пил покривав поверхню барабана, за рахунок дії сил адгезії, а при електросепарації велике взаємозасмічення продуктів розділення.

У зв'язку із цим, нами запропонована технологія переробки відсіву даного родовища, що включає наступні основні операції розділення: високочастотне

резонансне просівання по границі 0,4 мм; підсушування класу – 0,4 мм до вмісту вологи менш 1,0%; повітряну відцентрову класифікацію по границі 0,2 мм; три прийоми перечистної магнітної сепарації й три прийоми коронної електростатичної сепарації класу –0,4 + 0,2 мм. Дана технологія переробки відсіву пройшла апробацію в лабораторних умовах Національного гірничого університету, технологічна схема якої представлена на рис. 4.7.

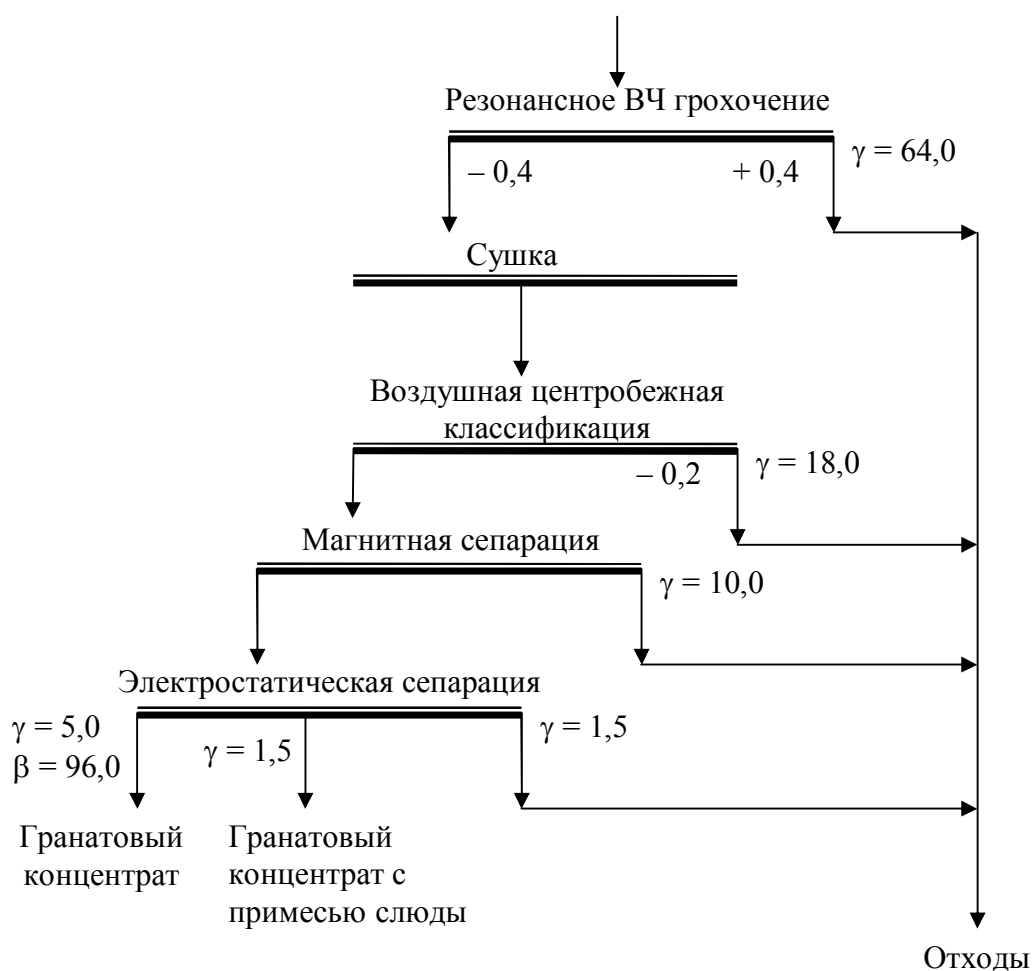


Рисунок 4.7 – Технологічна схема одержання гранатового концентрату

Як видно з рис. 4.7 за даною технологією виділяється 64,0% грубозернистого відсівання (клас – 4,0 +0,4 мм), 18% відходів у вигляді дрібної фракції – 0,2 мм (пил), 11,5% піску, 1,5% гранатового концентрату з домішкою слюди й 5,0% кондиційного гранатового концентрату з вмістом граната 96,0%.



## 5 РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗРАЗКІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ КОРИСНИХ КОМПОНЕНТІВ З ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ. АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ БОКСИТОВОЇ РУДИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ЗБАГАЧУВАНOSTІ НА СУХИХ СЕПАРАТОРАХ З СИЛЬНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

### 5.1 Розробка експериментальних зразків обладнання для вилучення корисних компонентів з твердих відходів

Розроблений спеціальний залізовідокремлювач з глибокою дією вилучаючого магнітного поля. Залізовідокремлювач складається з привідного барабану, магнітної системи, барабану, що натягується, конвейерної стрічки, привідного електродвигуна з редуктором, рами та металевих конструкцій. Залізовідокремлювач розташовують над конвейером.

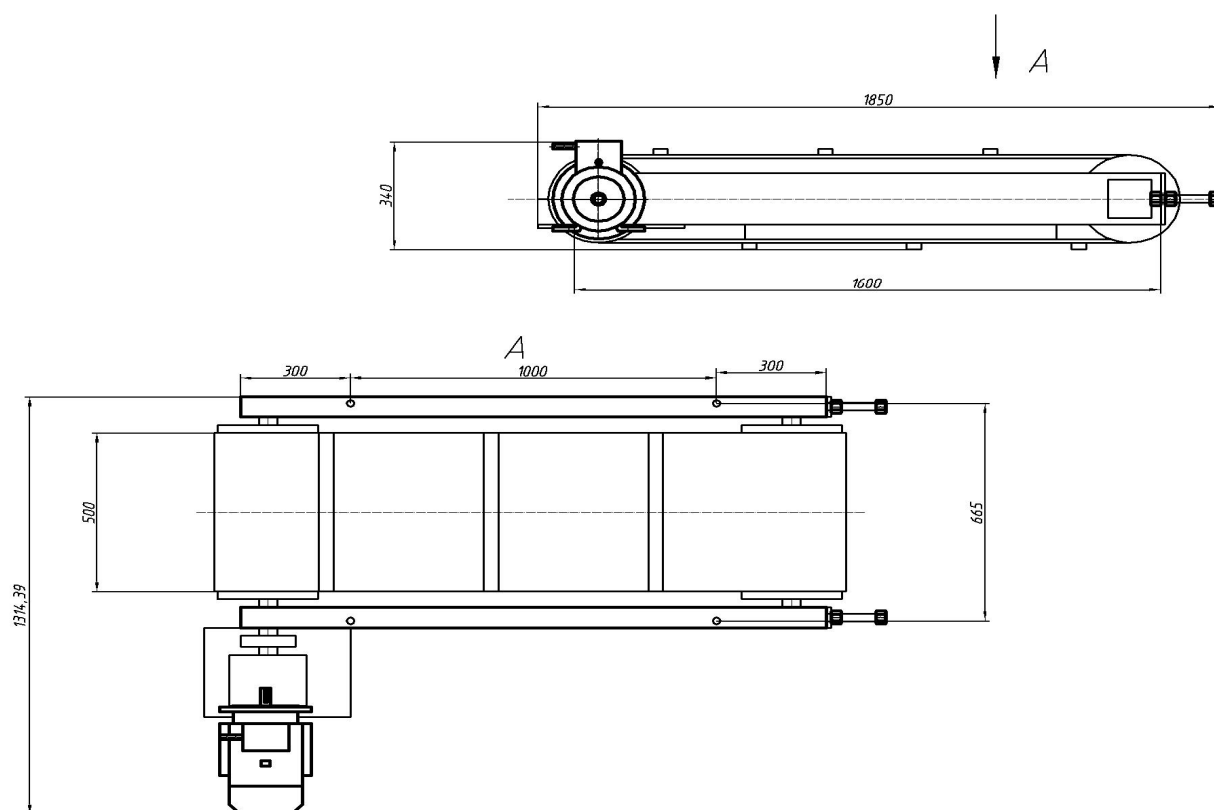


Рисунок 5.1 – Залізовідокремлювач для виділення з потоку матеріалів чорних металів

Технічні характеристики залізовідокремлювача наведені нижче:

Габаритні розміри , мм

довжина – 1850;

ширина – 1320;

висота – 850.

Ширина стрічки – 650 мм.

Глибина дії магнітного поля – 370 мм.

Матеріал магнітної системи – ферит барію.

Загальний вигляд залізовідокремлювача наведений на рис.5.1 і рис.5.2.



Рисунок 5.2 – Загальний вигляд залізовідокремлювача

Залізовідокремлювач розроблений для виконання операцій видалення різних за розмірами металевих деталей та металовключень чорних металів з потоку вторинної сировини, що рухається ноконвейерній стрічці для подальшої переробки.

### 5.1.1 Підвісний магнітний залізовідокремлювач з постійними магнітами

Розроблена конструкція підвісного магнітного залізовідокремлювача з постійними магнітами, що включає магнітну систему, скидач і привід скидача. Скидач виконаний у вигляді пластини з немагнітного матеріалу, яка розташована під магнітною системою, і встановлений з можливістю зворотно-поступального переміщення.

На рис. 5.3 наведений пропонований залізовідокремлювач, вигляд спереду; на рис. 5.4 – те ж вигляд зверху. Залізовідокремлювач містить скидач 1 у вигляді немагнітної пластини з шкрябаннями, раму 2, електромагнітну систему 3 і привід 4, що обертається, опори 5, вихідний вал 6, штовхальник 7 і ролик 8. Скидач 1 має поперечний проріз 9. Прийом феромагнітних включень здійснюється в приймальні бункери 10. Залізовідокремлювач встановлений над транспортуючим органом 11.

Залізовідокремлювач працює таким чином.

Привід скидача 4 через вихідний вал 6 обертає штовхальник 7, який за допомогою ролика 8 і прорізи 9 повідомляє скидачу 1 зворотно-поступальне переміщення уздовж подовжньої осі залізовідокремлювача, і феромагнітні включення, що знаходяться у вихідному матеріалі, притягуються магнітною системою 3 до скидача 1. В результаті зворотно-поступального переміщення скидача 1 притягнуті феромагнітні включення потрапляють в області, де магнітне поле практично відсутнє. Під дією сил тяжіння і інерції феромагнітні включення відриваються від скидача 1 і потрапляють в приймальні бункери 10. За кожен зворот вихідного валу 6 з штовхальником 7 скидач 1 здійснює робочий хід, переміщаючись один раз вліво і один раз вправо від поперечної осі залізовідокремлювача, забезпечуючи мінімальний рух феромагнітних включень від середини транспортуючого органу до його краю, що дозволить запобігти захвату немагнітних матеріалів і збільшити міру витягання феромагнітних включень.

Пропонований залізовідокремлювач дозволить підвищити ефективність витягання феромагнітних включень за рахунок зменшення кількості немагнітних домішок в магнітному продукті.

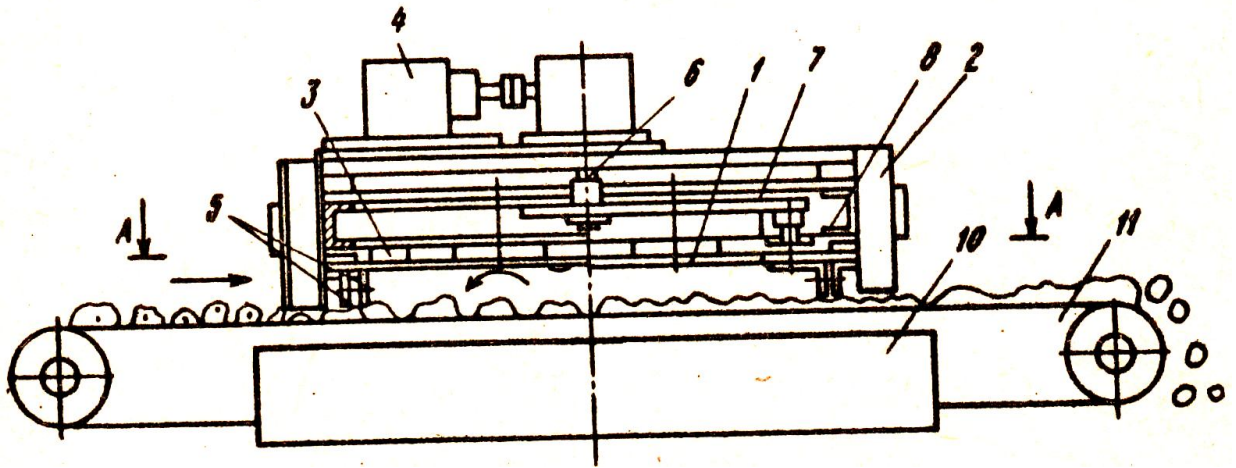


Рисунок 5.3 – Загальний вигляд залізовідокремлювача (вид спереду)

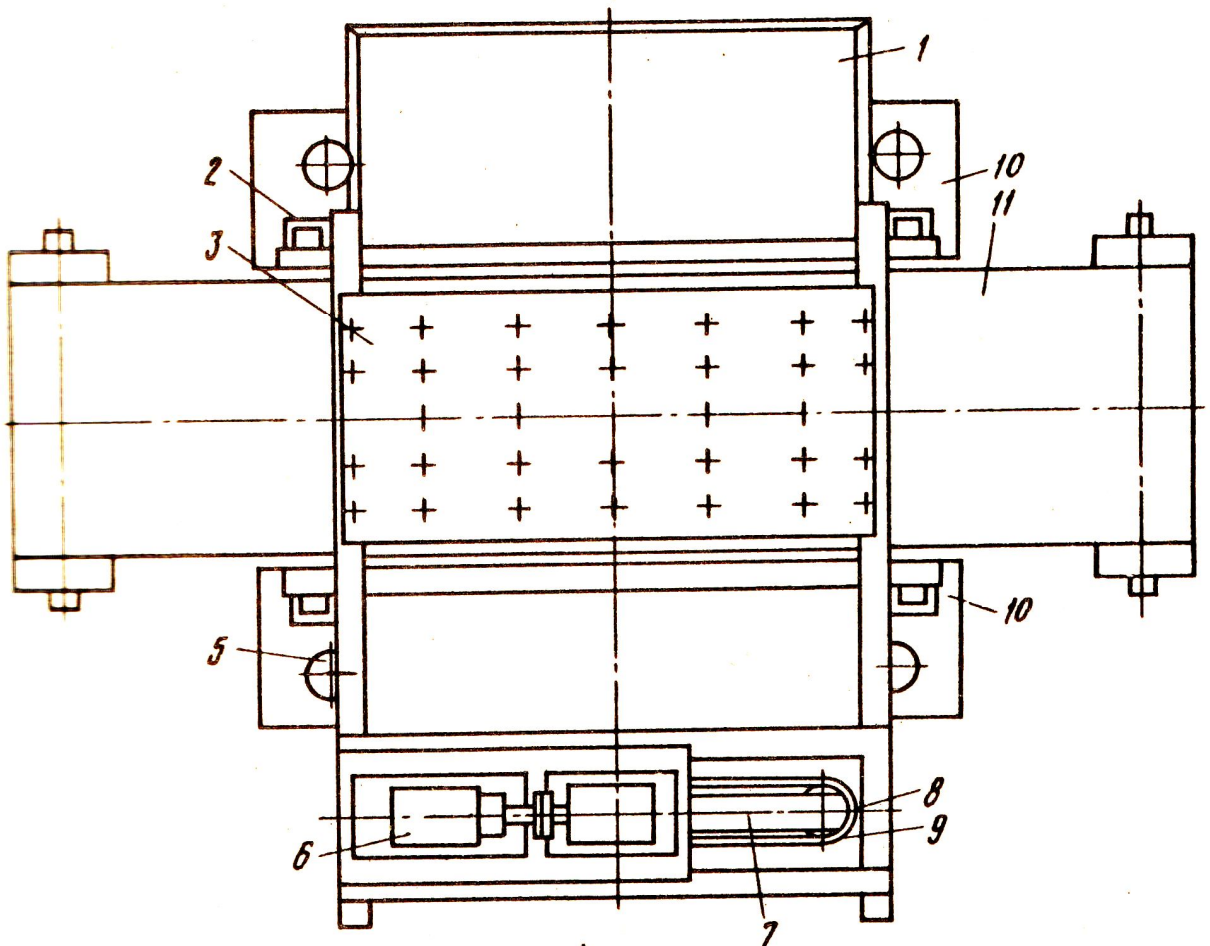


Рисунок 5.4 – Загальний вид залізовідокремлювача (вид зверху)

### 5.1.2 Вібраційний грохот для переробки вторинної сировини

Конструкція вібраційного грохоту розроблена таким чином, щоб була можливість переробки складного вигляду матеріалів вторинної сировини з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Вібраційний грохот оснащений спеціальними армованими гумовими ситами та вібробуджувачем.

Вібробуджувач оснащений системою змащення мастилами, що підвищує надійність та ремонтпридатність його роботи .

Основні технічні характеристики грохоту:

Розміри поверхні просівання, мм:

ширина	1250;
довжина	3000;
площина одного ярусу	3,75.

Максимальна продуктивність (матеріал щільністю

1,4 т/м<sup>3</sup> по класу крупності 5 – 30 мм), т/ч: 50

Максимальний розмір матеріалу живлення, мм 100

Потужність двигуна, кВт 2x2,2

Номінальна частота обертання ротору, об/хв. 1000

Габаритні розміри, мм не більше

- довжина 3200

- ширина 2160

- висота 1650

Кількість ярусів сит 2

Кут похилу, град 0...6

Маса грохоту, кг, не більше 980

Частота коливань, Гц 12,17

Амплітуда коливань, мм 3...4,5



Рисунок 5.5 – Загальний вигляд вібраційного грохоту з вібробудувачем



Рисунок 5.6 – Загальний вигляд вібробудувача

## 5.2 Аналіз властивостей продуктів переробки бокситової руди та дослідження їх збагачуваності на сухих сепараторах з сильним магнітним полем

Основними мінералами, що входять до складу бокситової руди є гіббсит, бемит, діаспор і корунд, які містять оксиди алюмінію та заліза. Ефективні технології одержання глинозему з бокситів орієнтовані на використання методу Байєра, де не потрібно перед вилужуванням робити розподіл руди за якою небудь ознакою, що перебуває в кореляційній залежності із вмістом цих мінералів. На глиноземних підприємствах руда піддається вилужуванню без попереднього розділу навіть при наявності декількох паралельно працюючих батарей автоклавів. Однак раціональний режим вилужування руди в цілому без попереднього розділу на класи, у більшості випадків, не буде раціональним для кожного окремого її класу. Отже, є резерв з підвищення ефективності й зниження вартості вилужування. Якщо проводити розділ, то кожний продукт розділу можна вилужувати при умовах, найбільш сприятливих саме для цього продукту.

В якості ознаки розділу може бути прийнята магнітна сприйнятливість. При розділенні за магнітними властивостями, у магнітний продукт буде надходити та частина руди, що має більшу магнітну сприйнятливість, а отже і більший вміст заліза. У немагнітному продукті будуть концентруватися оксиди алюмінію й кремнію.

Бокситова руда є слабوماгнітною. За технологією переробки способом Байєра, вона не піддається обробці у водному середовищі до її мокрого подрібнення. Отже, для магнітного розділення повинні застосовуватися сухі магнітні сепаратори із сильним магнітним полем. Існує чотири типи таких сепараторів: електромагнітні бар'єрні, валкові й роликові сепаратори, а також барабанні сепаратори на постійних рідкісноземельних магнітах. Дослідження з розділення бокситової руди були виконані з використанням всіх цих типів сепараторів.

Встановлено, що барабанні та роликові сепаратори не ділять бокситову руду. Імовірно це пов'язано з її більшим кутом внутрішнього тертя. На валкових сепараторах, що працюють у режимі вилучення магнітної фракції, розділення

відбувається, але з низькою ефективністю. Головним недоліком валкових сепараторів є їхня складність і велике споживання енергії для обертання валків у сильному магнітному полі.

Електромагнітний бар'єрний сепаратор (рис. 1.16, 1.17) забезпечує необхідні показники збагачення. У нього немає обертових валків, а тому він простий, надійний і має низьку енергоємність (витрати енергії в 3...4 рази менше, ніж у валкових). Залежно від властивостей сировини й вимог до продуктів збагачення сепаратори мають три або чотири прийоми сепарації. З огляду на позитивний досвід використання бар'єрних сепараторів, а також необхідність підвищення ефективності переробки бокситової руди, для досліджень її збагачуваності прийнятий метод бар'єрної сепарації.

#### 5.2.1 Лабораторні дослідження розподілу бокситової руди за магнітними властивостями

Дослідження проводилися на гвінейській бокситовій руді, яка подрібнена до крупності менше 1 мм при наступному вмісті основних оксидів (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Вміст оксидів у початковій пробі бокситів

Вміст, %					
SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	ппп
3,14	23,8	45,25	2,42	0,13	24,45

Для досліджень використовувався лабораторний бар'єрний сепаратор з одним каналом. Всі розміри і кут нахилу каналу аналогічні параметрам каналів промислового бар'єрного сепаратора. Розділення руди проводилося за схемою триярусного сепаратора з виділенням трьох магнітних продуктів і одного немагнітного. Перечищенню піддавалися послідовно немагнітні продукти. Розподіл



магнітної індукції й вагові виходи продуктів розділення зазначені на рис. 5.7. Розподіл оксидів в продуктах сепарації наведено в таблиці 5.2.

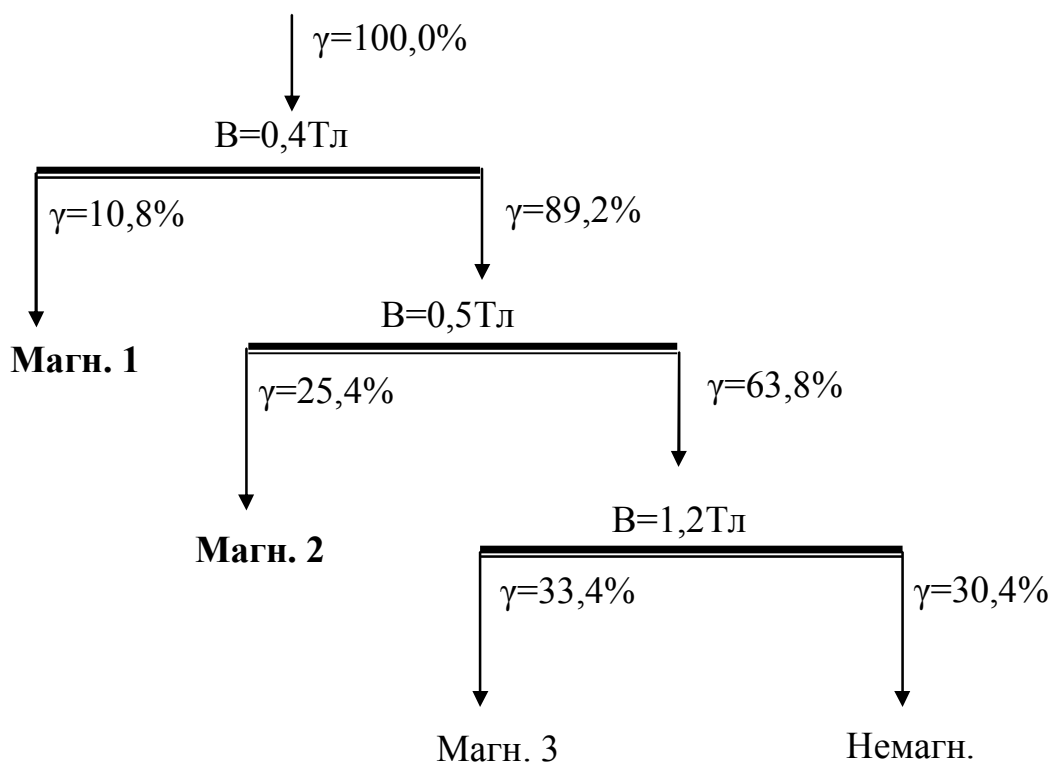


Рисунок 5.7 – Схема розділення бокситової руди

Як видно з таблиці розділення за магнітними ознаками дозволяє виділити з бокситової руди продукти із широким діапазоном вмісту оксидів алюмінію і заліза. Простежується чітка зворотна залежність між вмістом цих оксидів у продуктах розділення: вміст окислів заліза зменшується з 52,0% у першому магнітному продукті до 8,33% у немагнітному продукті, а вміст оксиду алюмінію зростає з 26,65% у першому магнітному продукті до 56,7% у немагнітному продукті. Вміст інших оксидів незначний і їх концентрації не спостерігалось в продуктах сепарації.

Таблиця 5.2 – Вміст оксидів у продуктах сепарації

Найменування продукту	Вихід, %	Вміст, %					
		SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	ппп
Магнітний 1	10,8	2,00	52,05	26,65	2,10	0,22	15,94
Магнітний 2	25,4	2,50	35,25	38,10	2,47	0,18	20,45
Магнітний 3	33,4	2,85	20,6	48,20	2,60	0,17	25,00
Немагнітний	30,4	3,75	8,33	56,75	2,05		28,65

У першому магнітному продукті в порівнянні з вихідною рудою вміст Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> зріс майже у два рази з 24,0% до 52,0%. Вміст Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> зменшився практично в два рази з 45,25% до 26,65%. Вихід цього продукту 10,8%. Шляхи подальшого використання такого продукту можуть бути предметом подальших досліджень.

Продукти розділу роздільно вилужувалися на Запорізькому алюмінієвому комбінаті. Встановлено, що при комбінованому вилужуванні продуктів розділення при різних умовах, всі показники вилужування кращі, ніж при вилужуванні всіх продуктів розділення за однакових умов.

Для реалізації магнітного розділення бокситової руди перед вилужуванням її необхідно висушити, подрібнити до крупності менше 1 мм у замкнутому циклі із класифікацією й направити на розділення у бар'єрні магнітні сепаратори. Можлива технологічна схема наведена на рис. 5.8.

Таким чином, бокситова руда є набором мінералів з різним вмістом оксидів алюмінію й заліза, тому раціональний режим вилужування початкової руди в цілому не може бути раціональним для кожного із цих мінералів. Розділ руди на кілька класів з різним вмістом оксидів алюмінію й заліза дозволить вилужувати кожний із цих класів у своєму економічно-оптимальному режимі.

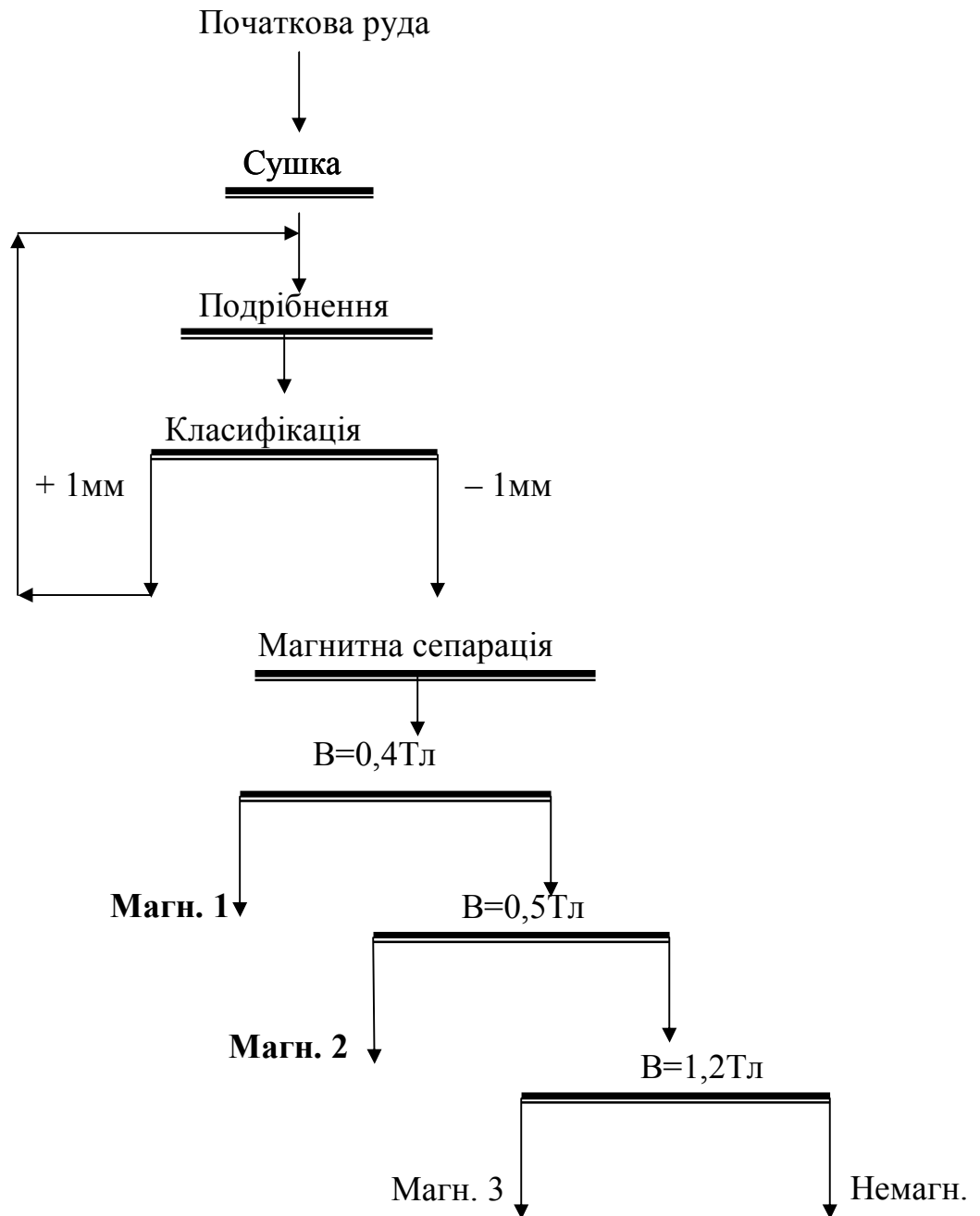


Рисунок 5.8 – Схема підготовки бокситової руди до розділення за магнітними властивостями перед вилужуванням

Розділення руди на класи варто здійснювати за допомогою електромагнітного бар'єрного сепаратора БСТ.

Лабораторні дослідження показали, що при збагаченні бокситової руди на триярусному бар'єрному сепараторі вміст оксиду заліза зменшується з 52,0% у першому магнітному продукті до 8,33% у немагнітному продукті, а вміст оксиду

алюмінію зростає з 26,65% у першому магнітному продукті до 56,7% у немагнітному продукті.

Роздільне вилучення продуктів сепарації дозволить зменшити витрата тепла й лугу, зменшити втрати  $Al_2O_3$  зі шламами й підвищити товарне вилучення оксиду алюмінію.

## 6 РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ МЕТАЛІВ З ВІДХОДІВ. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ЗБАГАЧЕННЯ ВУГІЛЬНИХ ШЛАМІВ ТА ОТРИМАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБАГАЧУВАНOSTІ ПЕГМАТИТУ НА СУХИХ СЕПАРАТОРАХ З СИЛЬНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

6.1 Розробка експериментального обладнання для вилучення кольорових металів з твердих побутових відходів

Для збільшення якості вилучення металів з ТПВ розроблений новий тип сепарації на постійних магнітах. Його новина полягає в тому, що потрібно використовувати однополюсні магнітні системи замість всім звичних різнополюсних. Вживання такої системи дозволяє збільшити магнітне поле на відстані від магнітної системи, що дозволяє вилучати кольорові і чорні метали з твердих побутових відходів практично або взагалі без подрібнення ТПВ. Підсумком впровадження інноваційних технологій цей метод дозволяє не лише поліпшити якість сепарації, але і дає ряд інших переваг, таких як економія магнітів для магнітного сепаратора, і для електродинамічного сепаратора, а один від одного на відстані половини ширини магніту, і з цього слідує що ми використовуємо лише 2/3 магнітів у порівнянні з тим, що ми б використовували при класичному методі різнополюсні магнітні системи. На третину заощаджені магніти дають нам істотне зменшення ваги, що для електродинамічного сепаратора дуже значно, оскільки він обертається на великих обертах і зменшення його ваги приведе до економії електроенергії, що відповідно понизить собівартість кольорових металів, що вилучаються. Вартість магнітних сепараторів на 50-70, а інколи і на 90% складає вартість магнітів, виходячи з цього при однополюсній системі собівартість самого сепаратора складає як мінімум на 16,7% менше ніж при класичному методі розставляння магнітів різними полюсами в магнітних системах.

Поважно відзначити, що заміна електромагнітних сепараторів на сепаратори з магнітною системою із постійних магнітів Nd-Fe-B, є серйозним кроком в рамках

програми "Енергозбереження". Це приносить величезну економію – не потрібні багатокіловатні витрати на живлення магнітної системи.

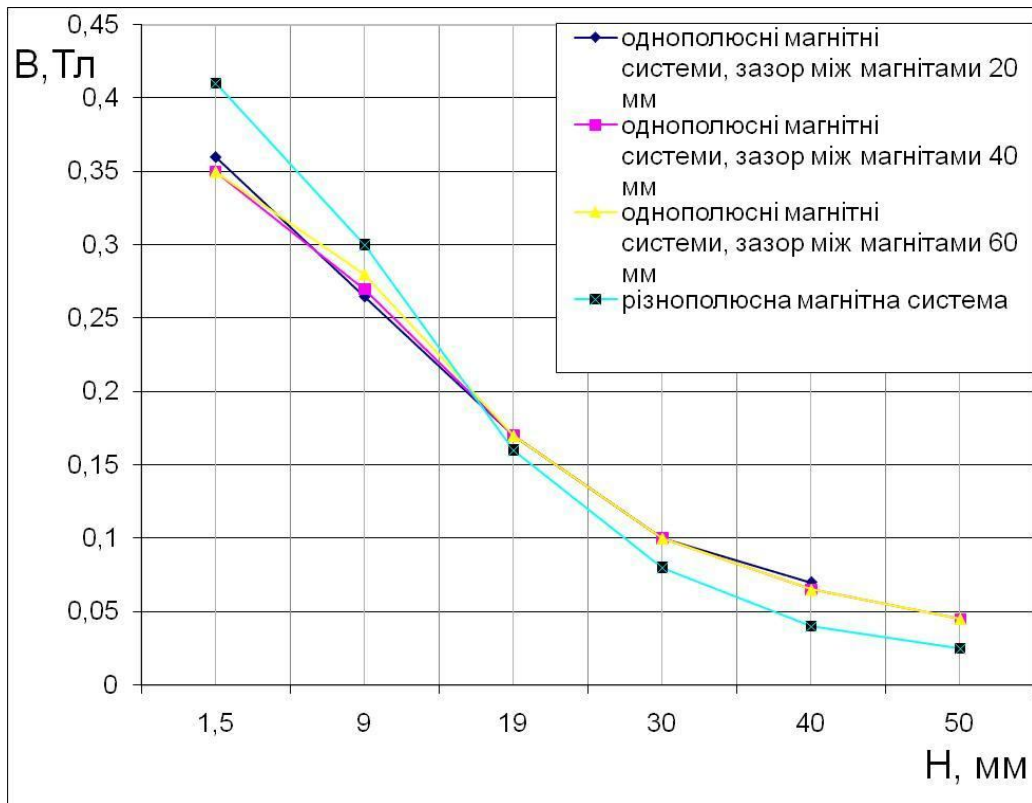


Рисунок 6.1 – Залежність магнітної індукції від відстані магнітних полюсів для різних магнітних систем

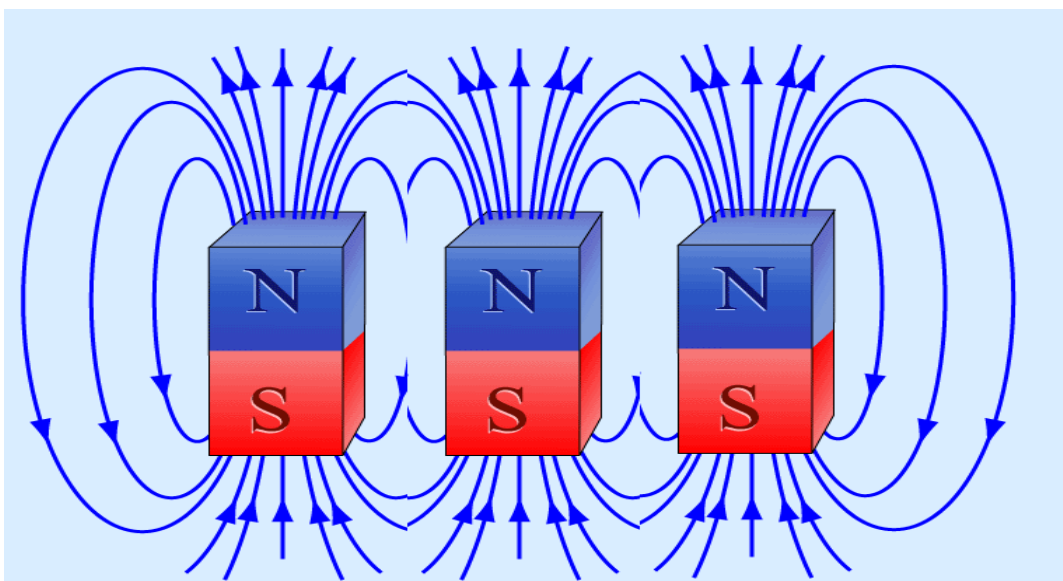


Рисунок 6.2 – Магнітне поле однополюсної магнітної системи

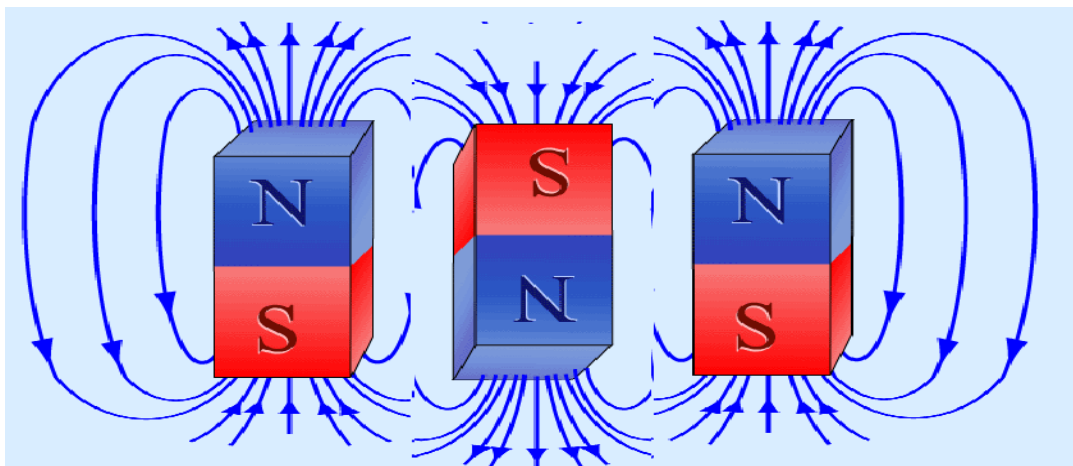


Рисунок 6.3 – Магнітне поле різнополюсної магнітної системи

## 6.2 Розробка технологій збагачення вугільних шламів та отримання твердого палива

На території України зосереджена велика кількість відходів вуглезбагачувальних фабрик. В окремих областях накопичена така величезна кількість промислових відходів, що питання їхньої утилізації перетворилися в серйозну економічну й екологічну проблеми. У Донецькій області перебуває більше 170 тис. тон балансових шламів із зольністю не більше 45%, забалансових першої категорії – більше 13,5 млн. тон із зольністю не більше 60% і забалансових другої категорії – більше 14,5 млн. тон із зольністю 70-75%. Саме недосконала технологія збагачення вугілля приводить до складування мінеральної сировини у шламосховищах.

Зроблений аналіз запасів шламових відходів й існуючих засобів і рекомендацій для вилучення вугілля з максимальною ефективністю.

Для досягнення мети необхідно провести аналіз обсягів і складу шламів вуглезбагачувальних фабрик України. Були досліджені шламосховища деяких збагачувальних фабрик Донбасу. У ході досліджень встановлено вміст вугілля й золи на різних ділянках шламонакопичувача з метою визначення перспективності їхньої розробки. Критерієм оцінки приймається припустимий вміст золи у шламів

після переробки (у концентраті 20-22%) з максимальним вмістом вилученого вугілля (35-40%).

Для прикладу наведені дані аналізу шламів по декільком ділянках відбору шламонакопичувача ЦЗФ «Свердловська» (табл. 6.1 – 6.3).

Таблиця 6.1 – Характеристика проби на ділянці 1 із зольністю вихідного продукту  $A^d = 53,88 \%$

№ з/р	Класи крупності, мм	Вихід класу, $\alpha, \%$	Зольність класу, $A^d, \%$	Вміст золи в класі, $C_z, \%$	Вміст вугілля в класі, $C_y, \%$
1	+2,5-5,0	2,98	51,15	1,52	1,46
2	+1,6-2,5	3,75	50,57	1,90	1,85
3	+1,0-1,6	6,84	53,04	3,63	3,21
4	+0,63-1,0	9,51	47,69	4,54	4,98
5	+0,315-0,63	36,22	51,75	18,74	17,48
6	+0,2-0,315	11,19	53,71	6,01	5,18
7	+0,1-0,2	15,37	49,09	7,55	7,83
8	+0,05-0,1	5,55	51,88	2,88	2,67
9	0-0,05	8,59	59,37	5Д	3,49
		$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 51,86$	$\Sigma = 48,14$

Таблиця 6.2 – Характеристика проби на ділянці 2 із зольністю вихідного продукту  $A^d = 47,33 \%$

№ з/р	Класи крупності, мм	Вихід класу, $\alpha, \%$	Зольність класу, $A^d, \%$	Вміст золи в класі, $C_z, \%$	Вміст вугілля в класі, $C_y, \%$
1	+2,5-5,0	0,37	30,16	0,11	0,26
2	+1,6-2,5	1,71	52,98	0,91	0,80
3	+1,0-1,6	3,74	38,64	1,45	2,30
4	+0,63-1,0	7,82	35,61	2,79	5,04
5	+0,315-0,63	31,99	35,66	11,41	20,58
6	+0,2-0,315	21,87	48,35	10,58	11,30
7	+0,1-0,2	17,17	56,05	9,62	7,55
8	+0,05-0,1	8,01	53,76	4,306	3,70
9	0-0,05	7,32	59,35	4,344	2,98
		$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 45,5$	$\Sigma = 54,5$



Таблиця 6.3 – Характеристика проби на ділянці 3 із зольністю вихідного продукту  $A^d = 44,65\%$

з/р	Класи крупності, мм	Вихід класу, $\alpha$ , %	Зольність класу, $A^d$ %	Вміст золи в класі, $C_z$ %	Вміст вугілля в класі, $C_y$ %
1	+2,5-5,0	2,09	44,01	0,92	1,17
2	+1,6-2,5	3,63	33,25	1,21	2,42
3	+1,0-1,6	13,95	38,41	5,36	8,59
4	+0,63-1,0	44,87	44,99	20,18	24,68
5	+0,315-0,63	25,32	51,39	13,01	12,31
6	+0,2-0,315	4,78	49,66	2,37	2,41
7	+0,1-0,2	2,59	50,79	1,32	1,28
8	+0,05-0,1	1,03	61,83	0,64	0,39
9	0-0,05	1,74	70,24	1,22	0,52
		$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 46,23$	$\Sigma = 53,77$

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що вугілля розподіляється за класами крупності нерівномірно й становить близько 50% у даних пробах. Таким чином, дане шламосховище є перспективним для вторинного збагачення. Для комплексного аналізу відходів збагачувальних фабрик був запропонований метод визначення ситового складу й запасів вугілля у шламосховищі, що дозволяє оцінити запаси як по площі, так і за обсягами.

Треба виділити найбільш перспективні напрямки вдосконалення процесу збагачення вугілля:

1. Удосконалення схеми повного циклу збагачення. Останнім часом велика увага приділяється пошуку нових технологій переробки вугілля, при яких відходи будуть мінімальні. Виділяються наступні тенденції: повсюдний перехід на збагачення рядового вугілля більш вузькими машинними класами; підвищення ролі флотації при збагаченні тонкозернистих шламів; перехід на комп'ютерне керування якістю продукції, що випускається; складування сипучих відходів збагачення на териконах пропонується вести аналогічно будівництву дамби (відсипання ведеться від периферії до центру); підготовку вуглезбагачувальних фабрик до проведення технологічного аудиту; збільшення засобів, які пов'язані з рішенням екологічних аспектів переробки корисних копалин.

2. Створення методів дозбагачення шламів. Треба зазначити, що розроблені технології збагачення шламів з використанням трьохпродуктового циклону-сепаратору ЦС-500/360, на якому продукти розділення мають зольність після зневоднювання: концентрат – 23...30%, відходи – 70...83%. Проведено дослідження процесів, що протікають при роботі згущувачів та розроблений багатофункціональний пристрій для переробки вугільних шламів. Апарат складається з декількох однакових секцій, у яких відбувається: осадження й накопичення часток твердого матеріалу крупністю більше 3 мкм; осадження часток крупністю менше 3 мкм та освітлення; зневоднення матеріалу. Після вказаних операцій відходи транспортуються на породний відвал.

Розроблена конструкція вібраційного грохоту для тонкої класифікації й зневоднення. Пропонований грохот має нескладну конструкцію. Принцип роботи заснований на використанні динамічно активного сита спеціальної конструкції, що працює в резонансному режимі із частотою коливань приводу.

Кінематично грохот представляє собою одномасну коливальну систему й складається з короба, віброзбуджувача, частотного перетворювача для керування приводом, опорних амортизаторів, класифікаційного сита, динамічно активного сита й додаткового сита, що не змочується рідиною.

Установка додаткового сита між класифікаційними й динамічно активними ситами дозволяє зменшити сили грузлого опору рідини й тим самим підвищити ефективність проходження часток через осередки сита. Крім цього збільшується зона контакту між класифікаційними й динамічно активними ситами, удар стає не твердим, що збільшує термін служби сит.

Грохот працює в резонансному режимі. Завдяки наявності частотного перетворювача забезпечується збіг власних частот динамічно активного сита й коробу грохоту. При такому способі без підведення додаткового джерела енергії використовується ефект резонансу. Використання резонансного режиму збільшує амплітуду коливань поверхні грохоту, що просіває, в 2...3 рази, якщо порівнювати з амплітудою короба грохоту. При цьому відбувається інтенсивна сегрегація й просівання матеріалу.

Дане конструктивне рішення було взято при модернізації і випуску промислового зразка на основі серійного віброгрохоту ГЛ-52 з метою класифікації вугільного шламу по крупності розділення 0,1...0,2 мм. При проходженні матеріалу через грохот відбувається одночасно дві операції: тонка класифікація й зневоднення надрешітного продукту до 22...25% вологості. Зона просівання на грохоті ГЛ-52 склала 2500 мм. Рекомендується між класифікаційними сітками встановлювати поліамідну сітку з осередком 5,0...10,0 мм, для запобігання передчасного пробою тонкої сітки, динамічно активними гумовими струнами. У цьому випадку динамічний імпульс удару зменшується, але його позитивний вплив на розсів матеріалу тонкою сіткою залишається.

Запропоновано метод оптимізації процесу вібраційної класифікації вугільних шламів. Метод оптимізації процесу дозволяє встановити найбільш перспективні класи крупності вібраційного розподілу вугільних шламів з максимальним вмістом вугільної маси й припустимим вмістом золи. Запропоновано апробований метод вилучення дрібних і тонких класів гірничої маси і їхній сумарний відбір з максимальним вмістом вугільної маси.

Виконані дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Шламосховища, що мають до 50% вугільної маси, з огляду на обсяги й вміст вугілля являють собою техногенні родовища. Найбільш високий відсоток вугільної маси розподіляється нерівномірно за класами крупності. Тому при збагаченні вугільних відходів необхідно виділяти найбільш перспективні класи за вмістом вугілля.

2. Нижня межа необхідної класифікації становить 40-50 мкм. Основна складність при додатковому збагаченні корисних копалин пов'язана з розмірами часток, що вимагає застосування вискоелективного обладнання з високими технологічними показниками при просіванні гірничої маси.

3. Основна маса відходів являє собою пульпу з різним співвідношенням твердого до рідкого. При збагаченні пульпи виникають додаткові вимоги до зневоднення надрешітного продукту.

4. Промислові випробування показали можливість тонкої класифікації сухих і вологих матеріалів. Для вилучення вугілля зі шламових відходів перспективним є використання грохоту із класифікаційним та динамічно активним ситами. Класифікація й зневоднення матеріалу реалізується за крупністю до 50 мкм.

Слід зазначити важливість застосування мокрої гвинтової сепарації при збагаченні вугільних продуктів. Виготовляються одно-, двох- та трьохзаходні сепаратори, в яких крок витків регулюється або не регулюється. Галузь застосування того чи іншого типу гвинтового апарату визначається крупністю корисних компонентів. При їх крупності у межах 0,1...3 мм застосовують гвинтові сепаратори, а для більш дрібного матеріалу 0,05...0,2 мм використовують гвинтові шлюзи. Частина рідини подається з матеріалом, друга частина – безпосередньо у жолоб. Пульпа поздовжніми струменями заввишки 6-15 мм під дією сил тяжіння стікає униз по гвинтовому жолобу. У процесі руху по жолобу матеріал у пульпі розділяється за щільністю. Зерна важких мінералів концентруються у придонній частині жолобу, а зерна легких фракцій уносяться у верхні шари потоку та зносяться униз з більшою швидкістю, ніж важкі. Розділення за шарами основної маси зерен за щільністю закінчується після проходження пульпою двох- трьох витків, далі зерна рухаються униз за траєкторіями, які близькі гвинтовим лініям. Важкий продукт вивантажується відсікачами з верхніх витків, проміжний продукт – з нижніх витків, а легкий продукт – у кінці жолобу. Вилучення корисного компонента в концентрат у гвинтових сепараторах складає 90...95%, вміст твердого у пульпі – 15...25%. Продуктивність сепараторів по твердому у середньому від 1-12 м<sup>3</sup>/годину і більше. Оптимальна продуктивність по вугільним продуктам складає 10...15 т/год. При крупності 3,5 мм процес мокрої гвинтової сепарації дозволяє отримувати концентрати із зольністю 8...15% та відходи зольністю від 56% до 75...80%.

Переробка шламів з мулонакопичувачів буде виглядати наступним чином. Класифікація шламів за крупністю виконується у гідроциклоні, а згущений продукт після гідроциклону подається на збагачення у гвинтових сепараторах. У процесі сепарації отримують концентрат та відходи. Концентрат поступає на фільтрацію у центрифугу, а потім, як готовий продукт, поступає на відвантаження. Відходи після

фільтрації та злив гідроциклонів направляються на підготовку до огрудкування. Вони змішуються із зв'язуючим у спеціальному змішувачі, а потім поступають у шнековий апарат пресового типу, звідкіля виходить готове огрудковане паливо.

### 6.3 Дослідження збагачуваності пегматиту на сухих сепараторах з сильним магнітним полем

У промисловості неметалургійних матеріалів польовошпатова сировина займає одне із провідних місць. Вона застосовується в скляній, будівельній, фарфоро-фаянсовій, ливарній, електроізоляторній, оптичній і інших галузях промисловості. Постачання цими видами сировини довгий час здійснювався шляхом розробки родовищ, які не потребували збагачення. У теперішній час родовища подібного типу виснажуються, тому забезпечення промисловості якісною сировиною безпосередньо пов'язане з його збагаченням.

Мінерали групи польових шпатів – найпоширеніші складові частини земної кори й займають до 50% її складу за масою. Польовошпатова сировина підрозділяється на польовошпатове (промислова назва "польовий шпат") з вмістом кварцу до 10% і польовошпато-кварцове (промислова назва "пегматит") з вмістом кварцу до 30%.

За хімічним складом мінерали, що об'єднані в групу польових шпатів, являють собою алюмосилікати калію, натрію, кальцію й зрідка барію. Крім цього в складі польових шпатів у вигляді структурних ізоморфних домішок можуть бути присутні титан, залізо, магній, стронцій, марганець. Також ряд хімічних елементів може привноситися з тонкодисперсними включеннями мінералів, які притаманні для польових шпатів – гематит, ільменіт, рутил. Практично всі ці домішки є шкідливими, тому що вміщують небажані хімічні елементи або є джерелом браку у виробках (порушення однорідності структури, " мушка", " виплави" і т.п.).

### 6.3.1 Дослідження збагачуваності пегматитів на бар'єрному (БСТ) і роликовому (РСТ) сепараторах

На вітчизняних підприємствах для очищення пегматитів від магнітних домішок використовуються роликові сепаратори типу СВК і ЭРС. В останні роки розроблені нові типи сепараторів – бар'єрний БСТ і роликовий з електричним зніманням магнітного продукту РСТ (розділ 1), які добре зарекомендували себе при збагаченні ільменитових розсипів і кварцвміщуючої сировини. У даній главі наведені дослідження із застосування цих сепараторів при збагаченні пегматитів.

Дослідження проводилися на трьох пробах: 1 – Єлисеївський кар'єр (Запорізька область), 2 – родовище Житомирської області, 3 – родовище Кіровоградської області. Вміст  $Fe_2O_3$  у початкових пробах складав 0,72%, 4,03% і 0,76% відповідно.

Дослідження проводилися на лабораторному бар'єрному й роликовому сепараторах. Бар'єрна сепарація здійснювалася у два прийоми при індукції в першому прийомі 0,7 Тл, у другому – 1,1 Тл. Немагнітний продукт бар'єрного сепаратора дочищався на роликовому сепараторі в три прийоми, індукція на поверхні ролика – 1,9 Тл. Навантаження на лабораторний сепаратор встановлено 3 т за годину.

Проба 1 представлена в крупності 0 – 1 мм. Гранулометричним аналізом встановлено, що клас крупності – 0,063 мм містить 3,14%  $Fe_2O_3$ , а в класі –1,0 + 0,063 мм – 0,607%  $Fe_2O_3$ . Попередніми дослідженнями встановлено, що наявність дрібнодисперсного пилу не дозволяє ефективно проводити розділення на бар'єрному й роликовому сепараторах. При розділенні у бар'єрному сепараторі, тому що основна маса матеріалу є немагнітним продуктом, при проходженні магнітного бар'єра немагнітні частинки механічно захоплюють дрібнодисперсні магнітні і виводять їх у немагнітний продукт, тим самим знижуючи його якість. При розділенні на роликовому сепараторі дрібнодисперсні частинки осідають на поверхні ролика за рахунок сил адгезії. Це приводить до зниження значення величини магнітних сил, що утримують частинки на поверхні ролики, внаслідок чого ефективність розділення знижується. У зв'язку із цим початковий продукт

піддавався знепиленню за класом – 0,063 мм.

Результати досліджень представлені на рис. 6.4.

У результаті збагачення отримано 82% немагнітного продукту, який містить 0,29%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . За вмістом заліза він відповідає марці ПМ (пегматит для виробництва санфаянса, плитки для підлоги й керамограніта). Якісний пегматит для виготовлення тонкої кераміки, глазури, електродів повинен містити не більше 0,2%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (марка КПШМ 0,2 – 2). Для підвищення ступеня розкриття пробу подрібнювали до крупності – 0,8 мм. Схема збагачення не змінювалася. Результати збагачення наведені на рис. 6.5.

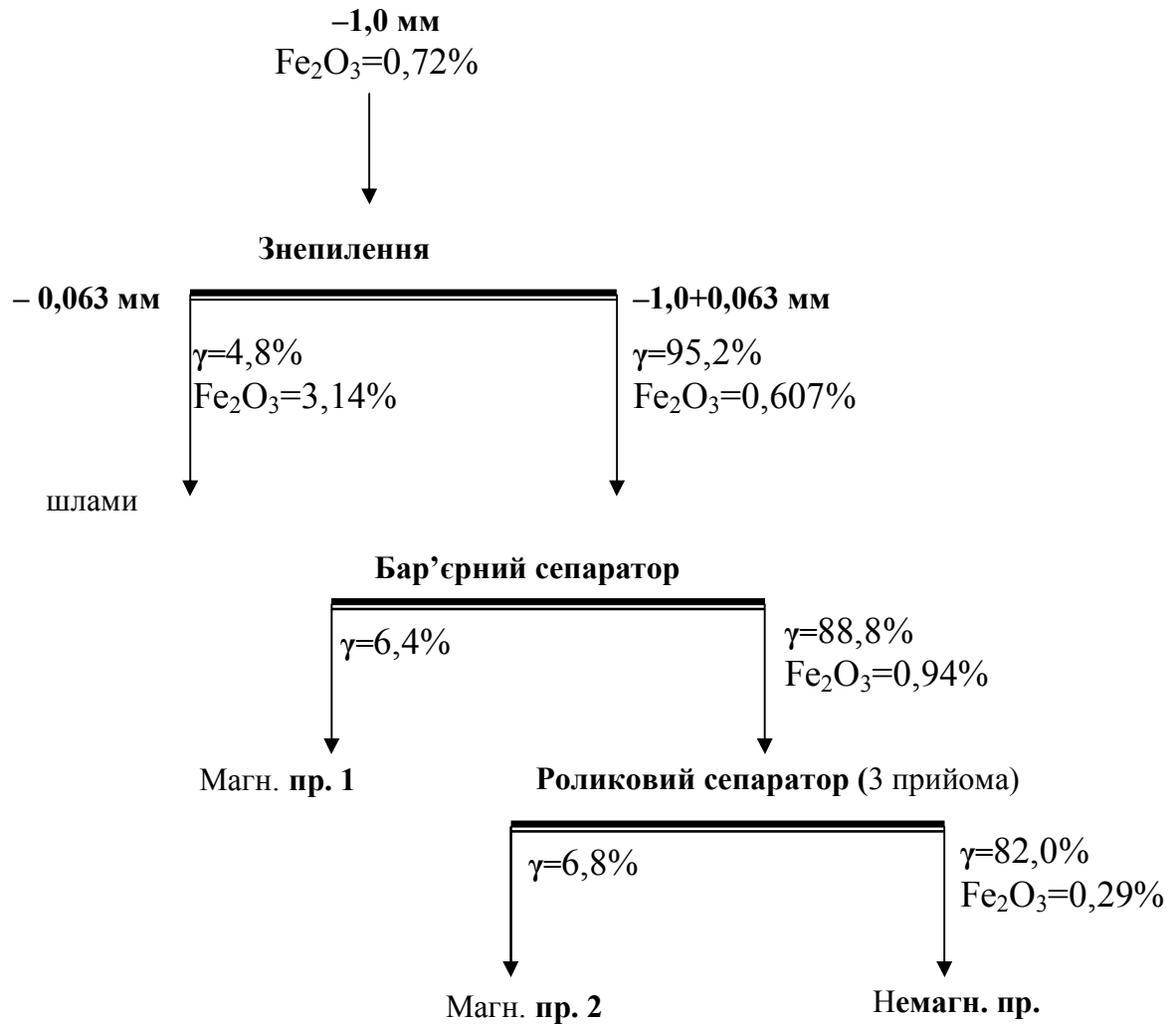


Рисунок 6.4 – Результати збагачення проби 1



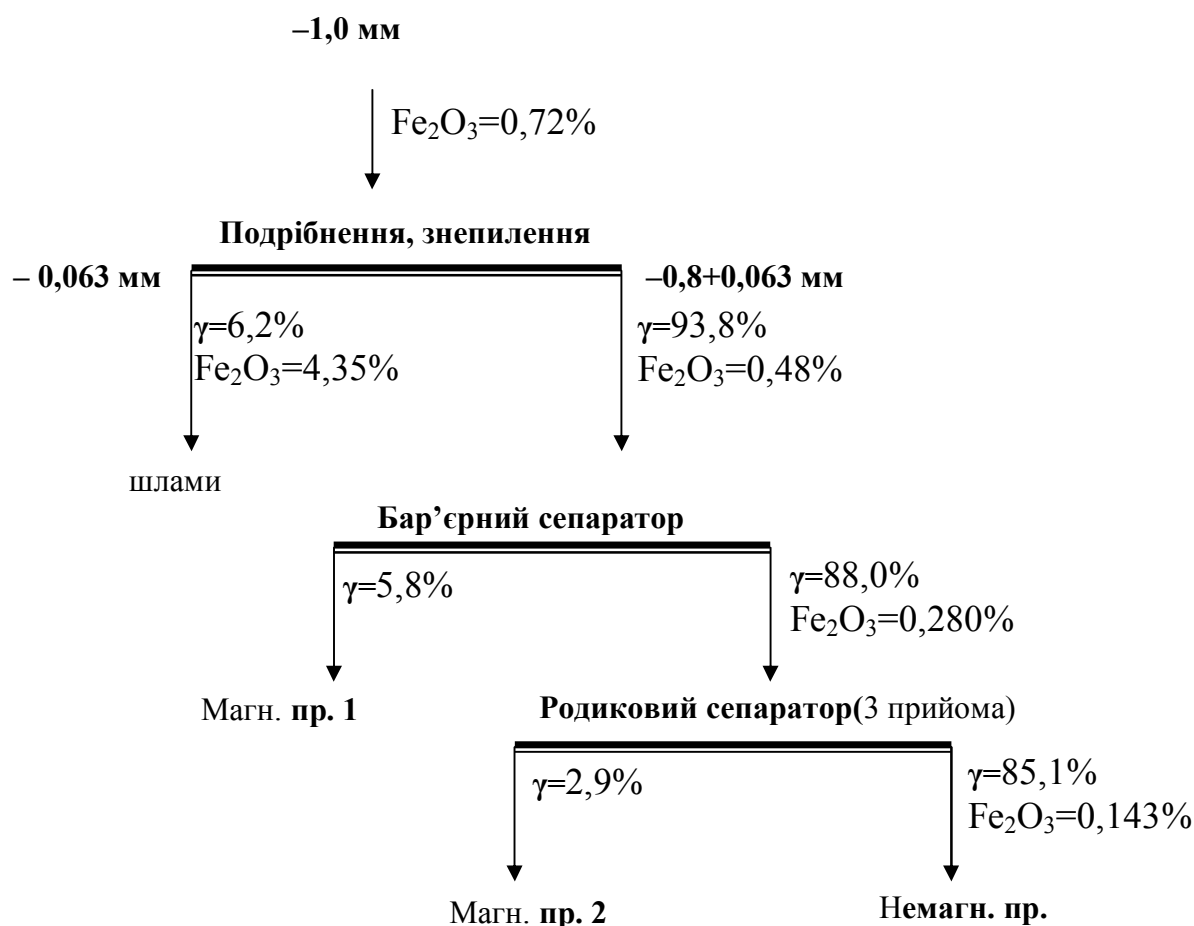


Рисунок 6.5 – Результати збагачення подрібненої проби 1

Як видно з наведених результатів, при подрібнюванні вихід класу – 0,063 мм збільшився незначно (на 1,4%). Але в цьому випадку вже бар'єрна сепарація, проведена у два прийоми, дозволяє одержати пегматит марки ПМ. При перетищенні на роликовому сепараторі отримано продукт з вмістом  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,143%, що відповідає кондиції для марки КПШМ 0, 2-2.

Аналогічні досліді проведені на пробах 2 і 3.

Проба 2 також подрібнювалась до крупності – 0,8 мм. Результати збагачення за запропонованою схемою наведені на рис. 6.6.

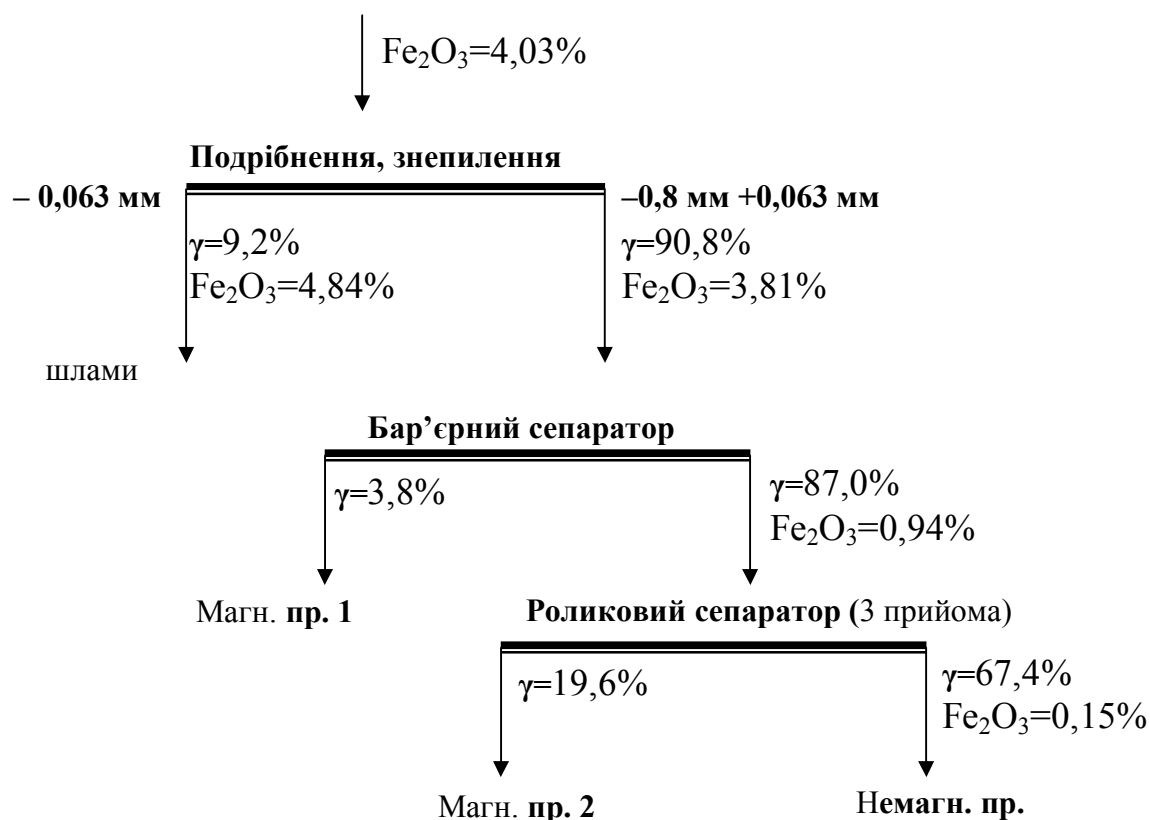


Рисунок 6.6 – Результати збагачення проби 2

Отриманий пегматитовий продукт містить 0,15%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і відповідає марці КПШМ 0, 2-2.

Для аналізу впливу процесу знепилення на показники збагачення були проведені досліди на сировині, що не піддавалася повітряній сепарації (знепиленню). З отриманих результатів (рис. 6.7) видно, що вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  у немагнітному продукті роликового сепаратора зріс більш, ніж у два рази й склав 0,35%. Даний продукт не відповідає кондиції для виробництва фаянсових виробів. Тому, для забезпечення одержання якісного товарного продукту, у схемах збагачення пегматитів необхідно застосовувати операцію знепилення сировини, що надходить на магнітну сепарацію.

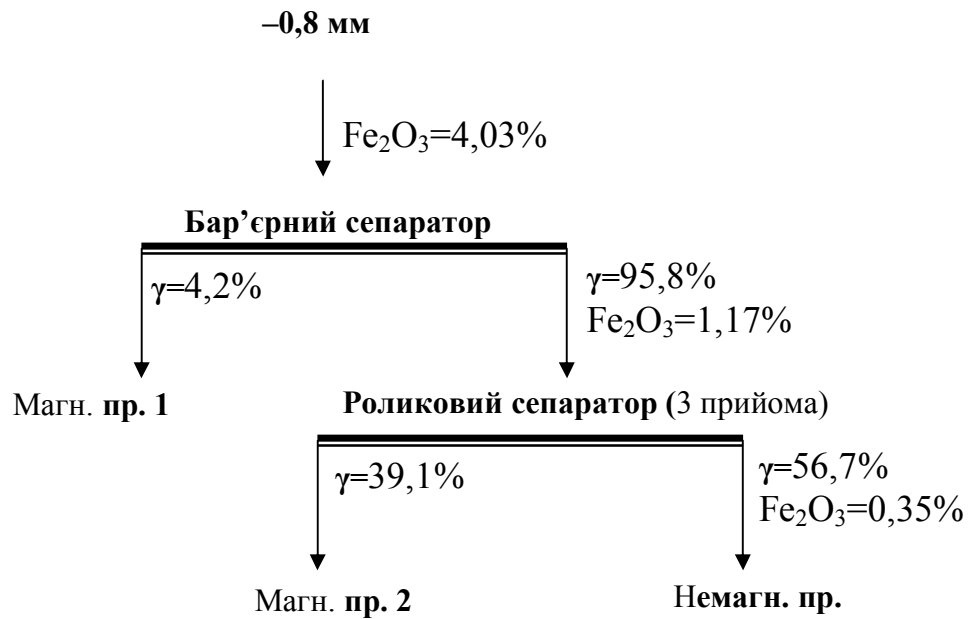


Рисунок 6.7 – Результати збагачення проби 2 (без операції знепилення)

У зв'язку з вищевикладеним, проба 3 була підготовлена й представлена в крупності  $-0,8 + 0,063$  мм ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,76\%$ ).

Дослідження, проведені за запропонованою схемою (рис. 6.8), показали, що після бар'єрної сепарації немагнітний продукт містить  $0,257\%$   $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , а після перечищення на роликовому сепараторі отриманий високоякісний продукт з вмістом  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,027\%$ .



## 7 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ВИЛУЧЕННЯ КОРИСНИХ КОМПОНЕНТІВ З ТВЕРДИХ ПРОМИСЛОВИХ ТА ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ЗБАГАЧЕННЯ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ ТІТАНО-ЦИРКОНОВИХ РОЗСИПІВ ТА ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ ПРОХЛОР-ЦИРКОНОВИХ РУД

### 7.1 Розробка технологій вилучення корисних компонентів з твердих промислових та побутових відходів

На вибір обладнання для переробки твердих металургійних шлаків у товарну продукцію впливають їх специфічні властивості, які відрізняються від властивостей гірничих порід. Металургійні шлаки у процесі охолодження та тривалого зберігання на відкритому повітрі піддаються різного роду структурним перетворенням, які супроводжуються зміною об'єму, форми, маси та інших фізичних властивостей.

Відмінною особливістю металургійних шлаків є наявність у них металевих включень у вигляді зростків металу і шлаку, корольків та скардовин. Армований металом шлак має якісно нові властивості у порівнянні з його складовими. Наявність металу у шлаці підвищує його об'ємну масу, змінює механічну стійкість. Разом з цим у поверхневих шарах шлаку відбувається стабілізація скловидної та дрібнокристалевої фази, яка має високу поверхневу міцність та абразивність. Структура техногенних родовищ залежить від виду та умов складування шлаків. На крупних металургійних підприємствах відвали розділяють за видами виробництв: доменні і сталеливарні шлаки та виробниче сміття складуються окремо. На малих підприємствах звичайно розташовують загальні відвали, при цьому часто змішують шлаки із сміттям. Гранулометричний склад техногенних утворень залежить від виду шлаку, засобу прибирання, первинної обробки, умов та строків зберігання відвальної маси. У відвалах, де складують шлак без первинної обробки, найбільше класів крупності  $>120$  мм та  $< 10$  мм. Тут більша кількість включень металу та негабаритного шлаку. Урахування цих факторів дозволяє підібрати належний засіб розробки та вторинної переробки.

Складність глибокої переробки шлаків пов'язана з недооцінкою їх характерних особливостей, фізико-механічних властивостей, мінерального складу шлаків та складністю структури. Це обумовлене відмінними від природних, нерівнозначними та специфічними умовами утворення шлаків. Ефективність дезінтеграції передбачає, з однієї сторони отримання максимально більшої знову створеної поверхні на одиницю витраченої енергії, а з іншої – необхідно забезпечити вилучення мінералів із зростків при мінімальній знову створеній поверхні, тобто без надлишкового помелу. Ефективність дезінтеграції у значному ступені залежить від селективності процесу, використання раціонального обладнання та оптимального режиму його роботи.

Рудопідготовка є найбільш цінним та енергоємним процесом у загальній схемі збагачення (капітальні витрати досягають 50%, експлуатаційні – 60% від суми усіх витрат, витрати електроенергії складають 40...65 % від загальних трат). Тому зниження крупності продуктів дроблення, або перенос частини роботи помелу на дроблення, дозволить знизити витрати на дезінтеграцію матеріалу. Для селективного розкриття мінералів необхідно мінімізувати навантаження, які додають до матеріалу, що мелеться, бо надлишкове навантаження призводить до перемелу цінного компоненту шлаків і, як результат, до переводу його у шлами, які не піддаються збагаченню.

Вибір апаратів та способів механічної дезінтеграції (дроблення та помелу) шлаків необхідно здійснювати враховуючи складність процесу розкриття металевих включень та особливості фізико-механічних властивостей шлаків. Початкові дані за дробимістю, хрупкістю, крупністю мінералів, формою та просторовим розподілом мінеральних включень та їх агрегатів визначають їх поведінку під впливом зовнішніх зусиль – навантажень і дозволяють оцінити можливість ефективної переробки на тому чи іншому обладнанні. З метою зниження витрат на транспортування сировини, що переробляється, стаціонарні комплекси для переробки текучих шлаків треба розташовувати поблизу відділень первинної переробки. Установки відкритого типу треба розташовувати у зоні відвалів.

Вибір обладнання для дроблення виконується із розрахунку крупності шлаку, необхідної продуктивності, якості товарної продукції та наявності металевих включень. Треба підкреслити, що при переробці шлаків у теперішній час широке використання знайшли шокові дробарки зі складним качанням шоки типу СМ 16 (ЩДС 6x9) на першій стадії дроблення та СМ 741 (ЩДС 4x9) – на другій. Однак особливості складного качання відіграють і негативну роль у процесах дроблення. Зусилля дроблення у цих дробарках повністю передаються на ексцентрик колінчатого валу і при попаданні у дробарку міцного металу вали ламаються. При такому русі шоки у матеріалі виникають не тільки роздавлюючі, але й істираючі зусилля, котрі передаються матеріалу шоки та призводять до більш швидкого зносу обладнання. Використання операції термодроблення призводить до утворення великої поверхні дрібнокристалевих зерен, які обладують підвищеною абразивністю. Із вищенаведеного можливо зробити висновок, що на першій стадії дроблення при переробці текучих шлаків, які пройшли стадію термодроблення, застосовувати шокові дробарки не доцільно.

Відмінною особливістю відвальних шлаків є менші значення абразивності у порівнянні зі шлаками текучого виходу. Скоріш за все, гострі кромки, які мав матеріал після термічного дроблення або охолодження у ковшуві чи коробці із часом під дією атмосферних умов розпадаються та згладжуються. Показник абразивності у відвальних шлаків у 1,5...2 рази нижче, ніж у шлаків текучого виходу. Однак при попаданні металевих включень, що не дробляться, у камеру дроблення, відбувається простій обладнання. Безаварійна робота стандартних дробарок, особливо шокових та конусних, при дробленні сталеплавильних шлаків можлива в умовах ретельно організованої системи видалення металу. При цьому основна частина металу повинна бути видалена у час первинної обробки шлаку, а яка залишилась – магнітними сепараторами, що розташовані перед дробаркою, це значно здорожує переробку шлаків. Розпад шлаків текучого виходу, їх висока абразивність та висихання поверхні кусків шлаку після операції термодроблення призводить до утворення великої кількості пилу у процесі переробки. Відомі способи аспірації не забезпечують необхідних санітарних умов на основних технологічних ділянках

установок зі шлакової переробки. Для підприємств з відносно невеликим виходом шлаку найбільш доцільно отримувати фракціонований щебінь. Шлак після первинної переробки через приймальний бункер з решетом поступає у вузли дроблення та сортування за фракціями, при цьому він тричі піддається магнітній сепарації. Технологічною схемою передбачено операцію дроблення проводити на роторній дробарці. Досвід експлуатації показав, що вона непогано працює при попаданні металу, однак потребує великих витрат на відновлення біл ротору. Роторні дробарки менш чутливі до попадання кусків що не дробляться, але при цьому не пристосовані до дроблення абразивних матеріалів, а металургійні шлаки у 4...5 разів більш абразивні ніж граніт.

Аналіз переробки сталеплавильних шлаків показує, що економічно доцільно поєднати дроблення та помел, при цьому на помел направляти тільки фракцію 5 або 10 мм, яка утворюється у процесі дроблення та сортування шлаку.

Переробка відвальних сталеплавильних шлаків має свої особливості. На відміну від доменних, сталеплавильні шлаки містять значну кількість металу у вигляді скрапу різної величини, корольків та окислів. Переробку цих шлаків на щебінь треба здійснювати у 2-3 стадії у сполученні з магнітною сепарацією. Тому, при розробці технологічної схеми та виборі обладнання для дроблення та сортування необхідно особливо враховувати не тільки міцність та абразивність шлаку, але й вміст у ньому металу. Інтенсифікація дезінтеграції повинна бути забезпечена при використанні обладнання, яке працює за принципом вільного удару. При такій дії на матеріал, його руйнування відбувається по мікротріщинам, граням спаяності, таким чином відбувається селективне руйнування компонентів, які мають різний опір удару. При цьому досягається краще розкриття зерен, при більш крупному помелі, що підтверджується багатьма порівняльними іспитами при помелі шлаків різного генезису. Дезінтеграція на основі вільного удару куску о матеріал або метал може бути реалізована у відцентрово-ударних дробарках та млинах. Матеріал розганяється усередині ротору, що обертається, та ударяється о відбивні плити або слой матеріалу у корпусі дробарки. Доля зростків, які різко знижують ефективність процесів збагачення, при цьому мінімальна. Відцентрово-ударна дробарка



комплектується різними варіантами змінних технологічних вузлів, які оптимізовані для дроблення шлаків різних видів. Оснащення дробарки частотним перетворювачем дозволяє у оперативному порядку регулювати крупність та гранулометричний склад готового продукту без зупинки роботи і проведення додаткових робіт. Низька метало- і енергоємність дробарки, відсутність елементів тертя, контакту робочих органів у процесі дроблення, застосування у конструкції дробарок повітряного опорного вузлу та високоякісних твёрдосплавних елементів дозволяє значно знизити витрати на знос та обслуговування обладнання. Для оцінки перспективності застосування апаратів відцентрово-ударного дроблення шлаків виконані заміри мікротвердості встановлених фаз. З'ясовано, що у всіх вивчених шлаках співвідношення мікротвердості основних фаз знаходиться у межах 2-5, що підтверджує можливість ефективного використання відцентрово-ударного дроблення.

Досвід впровадження апаратів відцентрово-ударного дроблення на ділянці переробки металургійних шлаків дозволив підвищити повноту вилучення заліза у магнітний продукт з 33,4% до 59% та підвищити масову долю заліза у магнітному продукті крупністю 10...0 мм з 40% до 58%.

Розроблені технологічні схеми та спеціальні магнітні сепаратори (рис.7.1) для вилучення металевої фази із шлаків електросталеплавильних різних марок сталей. Вилучення металевої фази із шлаків, які утворені при плавці, наприклад сталі марки 12X18H10T, складає 2,5...4%, та майже 12% металевої фази при переробці та збагаченні шлаків плавлення високовуглецевих сталей.

Технічна характеристика магнітного сепаратору для переробки вторинної сировини:

Крупність живлення, мм	не більше 2,0
Діаметр барабану, мм	160
Довжина барабану, мм	1000
Напруженість магнітного поля на поверхні барабану, кА/м	560
Потужність приводу, кВт	0,75

Габаритні розміри, мм, не більше:

довжина	–	1250
ширина	–	1150
висота	–	450
висота з бункером завантаження		750
Маса, кг		200

Сепаратор складається з наступних основних частин: рами; робочого барабану з магнітною системою; завантажувального бункеру; приводу барабану; приймального бункеру

Принцип дії сепаратору заснований на розділенні часток у магнітному полі. При обертанні барабан переносить матеріал через стаціонарне магнітне поле, яке створюється постійними магнітами з сильним полем, що притягують та міцно утримують магнітний матеріал на робочій поверхні барабану і виносять його у приймальник магнітного матеріалу. Немагнітний продукт падає з барабану і потрапляє у зону розвантаження немагнітних матеріалів.



Рисунок 7.1 – Загальний вигляд магнітного сепаратору для переробки вторинної сировини

### 7.1.1 Збагачення і переробка пісків

Пісок є основною складовою практично усіх будівельних матеріалів. Зростання темпів будівництва доріг, виробництва залізобетонних конструкцій обумовило зростання потреби у будівельному піску. Однак здобич природних пісків часто призводить до порушення екології регіонів, екосистеми берегів річок, розмиву пляжів, утворенню зсувів, виходу ґрунтових вод на поверхню та інших негативних факторів. Так, наприклад, за даними Кримської академії наук забір пісково-гравійного матеріалу на Південному березі Криму призводить до зникнення піщаних пляжів курорту, активізує руйнівні дії хвиль та активізує зсувні процеси (приблизно 350 зсувів).

При розробці кар'єру організації платять податок на видобуток і проводять заходи щодо охорони навколишнього середовища. Однак шкода, яка нанесена екології не піддається грошовому підрахуванню. У ряді країн світу видобуток природного піску взагалі заборонений. У той же час величезна кількість утворених при переробці гірничих порід відсівів дроблення, які використовуються не повною мірою й найчастіше ставляться до відходів виробництва, складуються у відвалах і також призводять до забруднення навколишнього середовища. Таким чином, виробництво штучних пісків за допомогою переробки відсівів дроблення гірничих порід дозволяє поліпшити як екологічну обстановку, так і економічні показники підприємства, оскільки з відходів виробництва виготовляються товарні продукти.

У цей час штучні піски вже успішно застосовуються у виробництві будівельних матеріалів. Причому якість матеріалів на основі штучного піску в більшості випадків виявляється вище, ніж якість аналогічних матеріалів на основі природного піску. На жаль, у цей час, не дивлячись на очевидні переваги застосування штучних пісків, більшість виробників продовжують видобуток і використання природного піску, можливо через незнання сучасних технологій.

Властивості штучних пісків значно залежать від способу їхнього одержання, тобто від виду використовуваного обладнання для помелу. Так, наприклад, при дробленні у конусних дробарках, де руйнування відбувається за допомогою

роздавлювання, вміст частинок пластинчастої й гільчатої форми (лещадність) матеріалу може досягати 90%. Оптимальна кубовидна форма часток матеріалу (лещадність не більше 10-15%) досягається в дробарках ударного принципу дії. Форма часток піску-наповнювача у свою чергу визначає якість будівельних матеріалів, що виготовляють на його основі.

Магнітогорським державним технічним університетом разом з УП «НВО «Центр» були проведені дослідження властивостей бетонних виробів, які виготовлені з використанням піску, який дроблений у конусно-інерційній (КІД) і відцентрово-ударній дробарці (ДЦ) [ 1 ].

На рисунку 7.2 представлені результати вимірів значень міцності при згині та стисканні дрібнозернистих бетонів, які виготовлені при нормальному твердінні й пропарюванні на основі річкового піску, а також піску, який отриманий при здрібнюванні у конусно-інерційній й у відцентрово-ударній дробарці.

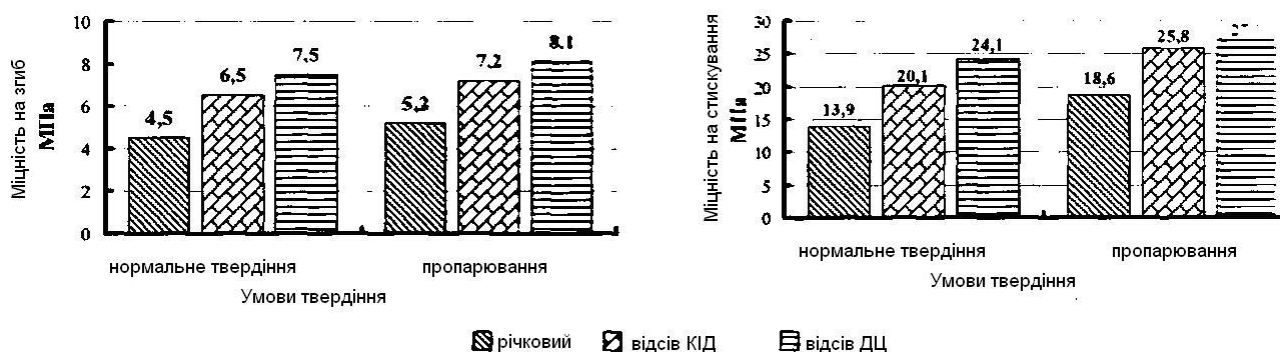


Рисунок 7.2 – Міцність дрібнозернистих бетонів при згині та стисканні

З рисунку видно, що міцність при вигині дрібнозернистого бетону на основі дробленого на відцентрово-ударній дробарці піску на 36 % перевершує аналогічний показник для бетону на основі річкового піску. Бетон на основі піску, який дроблений в конусно-інерційній дробарці має перевищення в міцності на 29%. Аналогічне співвідношення має місце й для показників міцності дрібнозернистих бетонів при стиску.

Фракціонування порошку-заповнювача також є одним з перспективних напрямків підвищення якості будівельних матеріалів, оскільки природні піски, а

також піски, які отримані шляхом дроблення каменю, у ряді випадків не мають необхідний фракційний склад. Вони мають широкий діапазон розподілу часток за розмірами і містять пилоподібну фракцію, що знижує ефективність упакування часток, викликає внутрішню тріщинуватість, при цьому знижується міцність і морозостійкість виробів.

При виробництві будівельних матеріалів максимальна їхня міцність відповідає найбільш щільному пакуванню часток піску, що досягається при оптимальному співвідношенні відповідних фракцій.

Нашими фахівцями були проведені роботи з вивчення властивостей дрібнозернистого бетону, який отриманий на основі фракціонованого піску.

Для розподілу піску використалися каскадно-гравітаційні класифікатори, які дозволяють розділяти матеріали на задані фракції в діапазоні крупності від 0,16 до 5,0 мм на 2, 3 або 4 фракції. Розподіл матеріалу в таких класифікаторах відбувається за рахунок взаємодії поля гравітаційних сил і повітряного потоку. У конструкції обладнання реалізована каскадна система сепарації, коли процес класифікації носить повторюваний характер, що дозволяє домогтися високої точності розподілу й стабільності гранулометричного складу.

На рисунку 7.3 представлені отримані значення міцності при вигині й при стиску дрібнозернистих бетонів на основі річкового, дробленого не фракціонованого й фракціонованого піску, які виготовлені при нормальному твердінні, із застосуванням термічної обробки, а також при нормальному твердінні й з термічною обробкою. Як видно з наведеного рисунку, фракціоновані піски дозволяють одержати бетон, що перевершує за своїми характеристиками бетон на річковому й дробленому не фракціонованому піску.

Крім того, внаслідок оптимального зернового складу відбувається зменшення пористості піску, це дозволяє знизити витрату цементу у виробництві бетону отже й собівартість готового продукту.

Для одержання одиниці міцності (1 МПа) бетону на дробленому фракціонованому піску потрібно цементу на 19% менше, в порівнянні з бетоном на

річковому піску, й на 17% менше, у порівнянні з бетоном на дробленому не фракціонованому піску.

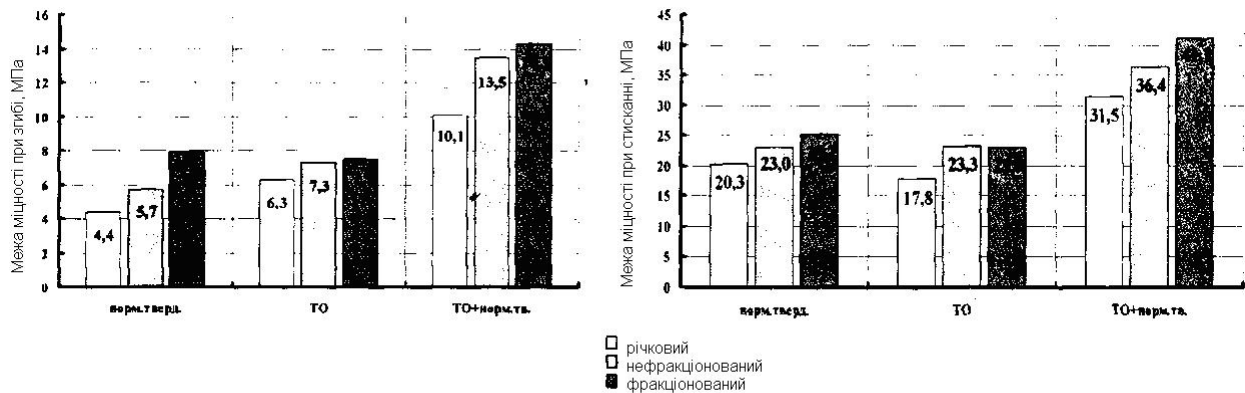


Рисунок 7.3 – Фізико-механічні характеристики дрібнозернистого бетону на різних пісках

Способи переробки відсівів дроблення гірничих порід для одержання товарної продукції (штучних фракціонованих пісків) істотно залежать від способу одержання відсівання:

1) Переробка відсівів гірничих порід, які отримані за допомогою подрібнення у відцентрово-ударних дробарках не вимагає додаткового дроблення, оскільки матеріал, який одержаний на відцентрово-ударних дробарках уже має високу якість: лещадність не більше 10-15%, високу міцність, стабільний гранулометричний склад.

Даний спосіб переробки відсівів дроблення є найбільш економічним і зручним, оскільки для одержання високоякісних будівельних пісків матеріал повинен пройти тільки стадію розподілу на фракції. Для цієї мети використовуються грохоти (для розподілу фракцій матеріалу крупністю  $> 5$  мм) і повітряні класифікатори (для одержання фракцій крупністю  $< 5$  мм).

Причому фракціонування матеріалу рекомендується проводити безпосередньо після дроблення на дробарно-класифікаційних комплексах, які являють собою систему агрегатів (відцентрово-ударні дробарки, каскадно-гравітаційні класифікатори й ін.), які скомпоновані й інтегровані таким чином, що забезпечують

високі показники роботи і не потребують створень додаткових систем інфраструктури.

Після переробки відсівів на дробарно-класифікаційних комплексах, можна одержати дрібні щебені, будівельні піски заданого модуля крупності і фракційного складу, наповнювачі й інші матеріали.

2) Переробку відсівів дроблення, які отримані у конусних дробарках, також можна проводити за допомогою розділення матеріалу на фракції. Однак такий матеріал має невисокі споживчі властивості: низьку міцність, високу лещадність.

Для одержання будівельних пісків високої якості перед фракціонуванням матеріал необхідно попередньо гранулювати у відцентрово-ударній дробарці при низьких швидкостях удару, що дозволить підвищити якість одержуваного матеріалу.

3) І, нарешті, самий несприятливий випадок, коли при переробці гірничих порід відсів дроблення складуються у відвалах. Як правило, такий матеріал має високу вологість. Отже, перед переробкою таких відсівів матеріал повинен пройти складні й енергоємні процеси сушіння, що вимагають значних додаткових витрат.

Однак разом з тим, якщо проводити класифікацію матеріалу по границі розподілу більше 1 мм, переробка відсівів цілком здійсненна й без сушіння. У кожному разі, вартість готової товарної продукції (будівельний пісок заданого модуля крупності, дрібний кубовидний щебінь та ін.) після переробки таких відсівів виявляється вище, ніж витрати на його виробництво.

В останні роки спостерігається стрімкий технологічний прогрес у будівельній індустрії, підвищуються вимоги до якості будівельних матеріалів і готових виробів. У сучасному світі, в умовах високої конкуренції на ринку, знання сучасних промислових технологій – ключ до успішного розвитку підприємств галузі.

Однак, у більшості випадків розвиток промислових технологій приводить до виснаження природних ресурсів і порушенню екології. Тому прогрес у області захисту природи є не менш важливим, ніж технологічний прогрес.

Наведена вище технологія переробки відсівів дроблення гірничих порід для одержання високоякісних будівельних пісків являє приклад технології, що дозволяє

як поліпшити якість будівельних матеріалів, так і вирішити багато сучасних проблем екології.

## 7.2 Розробка і обґрунтування безпечних технологій вилучення корисних компонентів з відходів

Метод складування промислових відходів на полігонах і смітниках найбільше поширений в Україні. Але поховання відходів, з погляду екологічної безпеки, можна розглядати лише як тимчасову міру.

Методи переробки утилізації відходів повинні проектуватися з урахуванням залежності від наявних об'єктів переробки та обробки, а також ринкових можливостей, а саме:

- паперу (можливо відсортованого по різних видах);
- картону;
- пластмас (можливо відсортованих по різних видах);
- скла (можливо відсортованого по різних кольорах/видах);
- алюмінієвих та сталевих банок;
- текстильних матеріалів;
- чорних та інших металів;
- деревини;
- холодильників, морозильних камер та інших предметів домашнього вжитку.

Виходячи з гетерогенного складу відходів, схеми переробки їх на всіх стадіях повинні представляти собою комбінацію технологічних операцій поділу відходів на окремі фракції і компоненти з кінцевою метою – комплексною безвідхідною технологією.

Для утилізації і знешкодження відходів найпоширенішими є наступні методи підготовки і переробки відходів:

- дроблення;
- укрупнення;
- класифікація і сортування;



- збагачення;
- термообробка;
- вилуговування;
- зневоднення.

Доцільність включення операцій дроблення в технологічні схеми переробки ТПВ визначається, в основному, вимогами до крупності матеріалу відповідних переділів переробки – збагачувального, термічного, біотермічного та ін.

Тверді відходи, як органічні, так і неорганічні, можна подрібнювати до потрібного розміру роздавлюванням, розколюванням, розламуванням, різанням, розпилуванням, стиранням і різними комбінаціями цих способів (рис. 7.4).

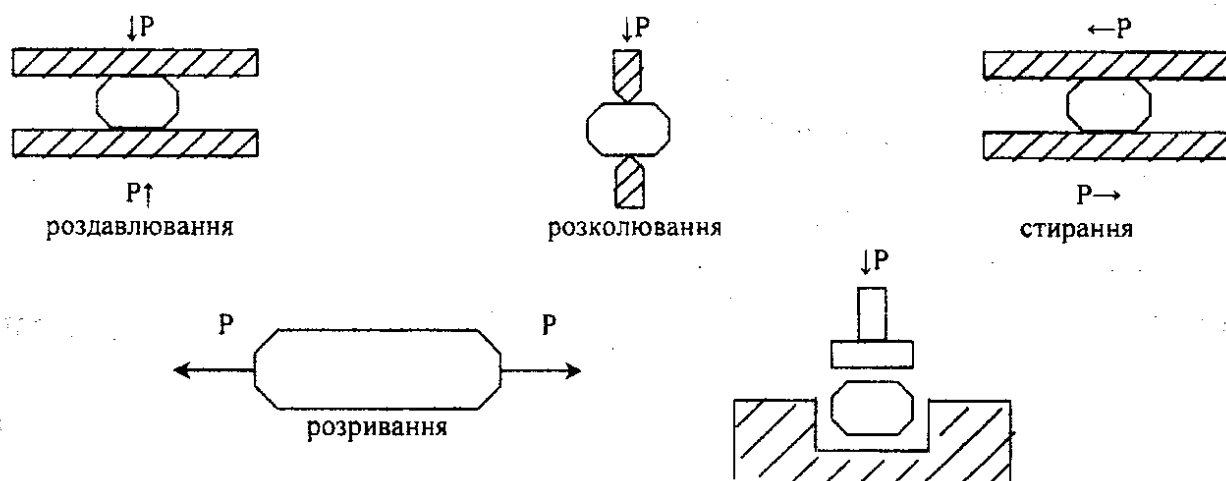


Рисунок 7.4 – Способи подрібнення відходів

Для дроблення використовують щокові, конусні, валкові, роторні дробарки різних типів.

Розмір шматків до дроблення може складати від 1000 до 20 мм, після дроблення – 250-1 мм.

З відомих методів для дроблення композиційних відходів найприйнятнішим є спосіб механічного дроблення.

Операція просівання твердих побутових матеріалів, що містять глинисті компоненти, макулатуру, полімерну плівку й текстиль, технічно найбільш складна.

### 7.2.1 Обґрунтування використання технологій вилучення чорних та кольорових металів з твердих побутових відходів

За вмістом металів ТПВ порівняні з рудами, що видобуваються. Вилучення металів з ТПВ для вторинного використання представляє важливе народногосподарське значення, сприяючи збереженню природних ресурсів, захисту довкілля від забруднення і залученню до виробництва додаткової кількості алюмінію, міді, олова, заліза та ін. Як відмічено, щорік утворюється понад 12 млн. т ТПВ, в яких загальний вміст лому чорних металів складає 2...4 %, а кольорових (переважно алюмінію і мідних сплавів) — близько 0,5%. Враховуючи, що основний компонент лому чорних металів – консервні банки, що містять 0,5—1 % олова, можна констатувати, що на міських звалищах щорічно втрачається біля 200 тис. т сталі, 400-500 т олова, а також значна доля алюмінію і міді (близько 40 тис. т). З однієї тони ТПВ при їх збагаченні залежно від початкового вмісту металів можна вилучати 10...25 кг чорного металобрухту, 10...25 кг компонентів, що містять олово (консервних банок) і 2...5 кг кольорового металобрухту (переважно алюмінію). Таким чином метали, що містяться в ТПВ – найважливіше джерело металургійної сировини. Собівартість виробництва 1 т алюмінієвих і бронзо-латунних сплавів з вторинних кольорових металів в 2,5 разу нижче, ніж виробництво аналогічних сплавів з металів, отриманих з руди. Питомі капітальні вкладення на створення потужностей по виробництву мідних сплавів в 10 разів і алюмінієвих в 4 рази нижче з вторинної сировини, ніж виробництво цих сплавів з руди. Відповідно до розрахунків, які зроблені у США по використанню ТПВ, вторинні метали можуть забезпечити національну потребу в залізі на 7%, алюмінії – на 8%, олові – на 19%. Слід зазначити, що вторинне використання металів, які вилучені з ТПВ, має, очевидно, свою специфіку і може зажадати будівництва спеціальних металургійних цехів. Для вилучення з потоку ТПВ чорного металобрухту і лудженої тари застосовують магнітну сепарацію. З різних методів вилучення кольорового металобрухту найбільшого поширення в розробках і практичних впровадженнях набула електродинамічна сепарація. Магнітна сепарація є розділенням твердих

часток в магнітному полі. У магнітному полі магнітні частки намагнічуються і притягується полюсами магнітів, а немагнітні вільно виводяться з магнітного поля. Одним з цінних компонентів, що потрапляють в ТПВ, є консервні банки, що містять до 1% олова. З 1 т консервних банок можна отримати 2,2...2,7 кг олова. Роботи по утилізації олова консервних банок інтенсивно проводяться в багатьох країнах.

Сепарація ТПВ – процес, який ускладнений дуже великою різноманітністю корисних складових матеріалів, що знаходяться в ТПВ, різних за властивостями і розміром, подрібнення яких може бути недоцільним.

Вилучення з крупної фракції металів дуже ускладнюється тим, що основна частина металів, а це, як правило, консервні і пивні банки, балони з дезодорантів, освіжувачів повітря та інших аерозолів, які не являються важкими, але є об'ємними і знаходяться в поверхневому шарі ТПВ, де практично магнітне поле сепаратора має незначні величини магнітної індукції, а відносно і незначні магнітні сили – недостатні для вилучення металів з ТПВ.

### 7.2.2 Енергозбереження при вилученні металів з відходів

Енергозбереження (а точніше підвищення ефективності використання палива і енергії) належить до вищих пріоритетів при переробці ТПВ на найближчу перспективу. Це пов'язано з тим, що неефективне використання енергоресурсів приведе до збиткової рентабельності і недоцільності з економічної точки зору вилучати з ТПВ корисні компоненти для подальшої переробки в якості вторинної сировини. З цього слід зробити висновок, що використання сепараторів з великою питомою енергоємністю устаткування для вилучення металу на електромагнітах не доцільно, оскільки витрати на живлення їх електроенергією можуть істотно збільшити собівартість металу, що вилучається. У зв'язку з цим рекомендується застосування магнітних і електродинамічних сепараторів з магнітними системами на постійних магнітах.

Для мінімізації витрат на переробку ТПВ в умовах сміттєсховищ та полігонів захоронення пропонується:

1. Упровадити технологію сухого вилучення корисних складових із ТПВ без дроблення, що дозволить істотно понизити собівартість готової продукції.

2. Стабілізувати подачу вихідного продукту в технологічний процес і забезпечити вилучення корисних компонентів із ТПВ, реалізація яких в подальшому дозволить не лише покрити витрати, які пов'язані з переробкою ТПВ, але і отримати прибуток і, найголовніше, значно зменшити кількість відходів, які захороняються.

3. Удосконалити процес електромагнітної і електродинамічної сепарації.

4. Впровадити класифікацію ТПВ за фракціями, що дозволить вибірково збагачувати кожну фракцію відповідно до вимог споживачів і досягти істотної економії.

7.3 Обґрунтування технології вилучення та переробки легкої фракції, що входить до складу ТПВ

#### 7.3.1 Аеросепарація твердих побутових відходів

Аеросепарацію при збагаченні ТПВ застосовують для роздрібнення потоку відходів на легку і важку фракції (це необхідно перш за все, за умов технології вилучення металів), а також для вилучення горючих компонентів. При аеросепарації ТПВ в легку фракції переходять макулатура, полімерна плівка, деякі текстильні компоненти (в основному, синтетичні).

Основними чинниками, що впливають на технологічні показники аеросепарації, є швидкість повітря, крупність матеріалу, його форма, щільність та вологість.

Принцип дії повітряної сепарації полягає у тому, що повітряний потік впливає на частинки з силою, пропорційною щільності матеріалів, які сепарують.

На поведінку легких компонентів ТПВ в процесі аеросепарації вирішальний вплив надає підйомна аеродинамічна сила – рівнодіюча всіх сил (нормальних і тангенціальних), розподілених на поверхні частинок, що знаходяться в повітряному

поточі. Аеродинамічна сила залежить як від параметрів частинок, так і від параметрів потоку.

### 7.3.2 Аеросепаратор побутових відходів

Аеросепаратор включає транспортуючий орган, вентилятор з лопатками і вхідне вікно, яке розташоване над транспортуючим органом з можливістю утворення зазору, відрізняється тим, що, з метою підвищення якості видалення легкої фракції за рахунок створення інтенсивної вихрової дії потоку на матеріал, вентилятор розташований над вхідним вікном. При цьому вісь вентилятора перпендикулярна площині транспортуючого органу, зазор між площиною транспортуючого органу і вхідним вікном складає  $1/4 - 1/2$  діаметру вхідного вікна, а лопатки вентилятора виконані таким чином, що зменшуються у напрямку до транспортуючого органу.

Особливістю аеросепаратора є те, що лопатка вентилятора має форму прямокутної трапеції.

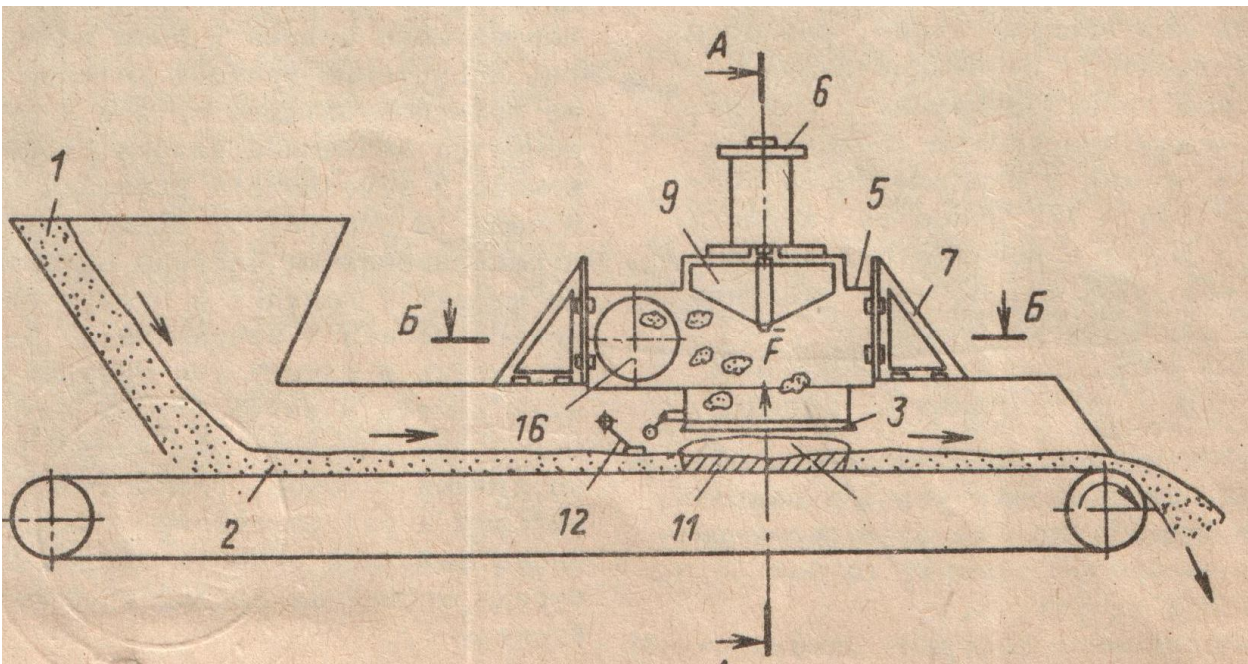


Рисунок 7.5 – Загальний вигляд аеросепаратора

При розробці конструкції аеросепаратора метою було підвищення якості відділення легкої фракції за рахунок створення інтенсивної віхрообразної дії на матеріал.

На рис. 7.5 показаний загальний вигляд сепаратора, на рис. 7.6 – розріз А-А, на рис. 7.7 – геометричні параметри зазору, на рис. 7.8 – розріз Б-Б аеродинамічного сепаратора.

Аеросепаратор містить завантажувальний бункер, транспортуючий орган 2, вхідне вікно 3, повітропровід 4, корпус 5 вентилятора, електродвигун 6 вентилятора. Корпус 5 вентилятору закріплений на стійках 7 бортів 8 транспортуючого органу 2 за допомогою болтів. Стійки 7 мають подовжні пази, що дозволяє переміщати корпус 5 вентилятора у вертикальній площині і фіксувати його в заданих положеннях, змінюючи тим самим величину зазору Н (рис. 7.5,7.6,7.7).

Робоче колесо 9 вентилятора для виключення контакту з частками сепарації розташовано в ніші 10 корпусу 5 (рис. 7.6).

Вісь вентилятора перпендикулярна площині транспортуючого органу 2 і площині вхідного вікна 3, завдяки чому в усіх точках зони сепарації 11 виникають однакові зусилля  $F$  сепарації. Зона сепарації 11 обмежується проекцією вхідного вікна 3 на поверхню транспортуючого органу. Вектор  $F$  є результуючим вектором усіх сил, що викликають вертикальне переміщення відсепарованої фракції матеріалу. Пружиняча заслінка 12 призначена для згладжування шару матеріалу, що знаходиться на транспортуючому органі 2, запобігання заповзанню матеріалу на корпус 5 вентилятора і запобігання забиванню зазору Н (рис. 7.7) між корпусом 5 і транспортуючим органом 2. Вимикач 13 закріплений на корпусі 5 вентилятора і призначений для виключенні приводного електродвигуна 14 транспортуючого органу 2 в разі перевищення рівня матеріалу на транспортуючому органі 2 вище допустимого. Допустимий рівень матеріалів на транспортуючому органі 2 визначається величиною зазору Н. Робоче колесо 9 вентилятора розташовано в ніші 10 корпусів 5, завдяки чому відсепаровані частки матеріалу не входять в контакт з лопастями робочого колеса 9 вентилятора. Електродвигун 6 служить для приводу робочого колеса 9 вентилятора. Трубопровід для повітря 4 призначений для напряду

повітряних потоків, що створюються вентилятором до розвантажувального отвору 15 через вихідне вікно 16 для винесення відсепарованих частинок до сітчастого бункера 17.

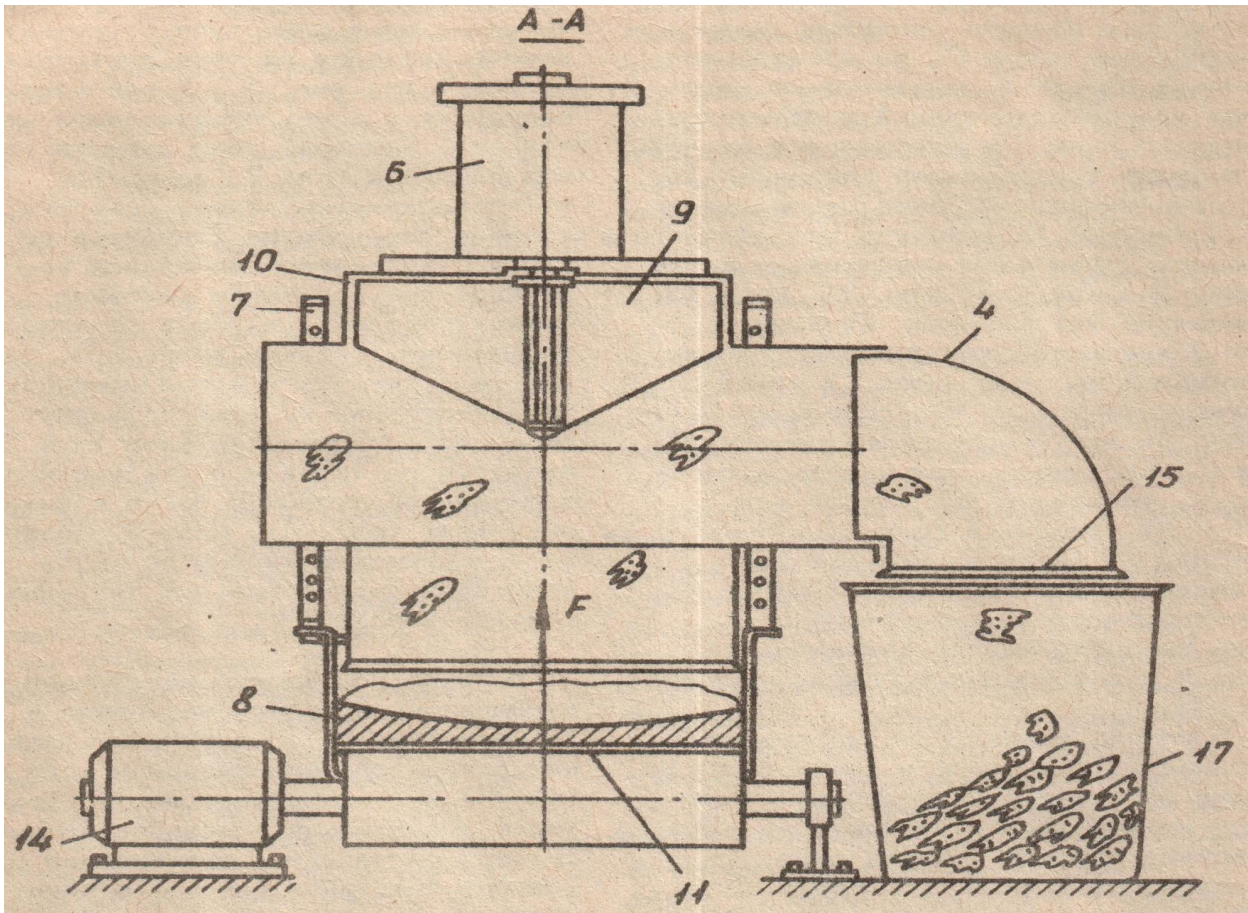


Рисунок 7.6 – Загальний вигляд аеросепаратора (розріз А-А)

Аеросепаратор працює таким чином.

Матеріал, що сепарується, поступає в завантажувальний бункер 1 і по похилій стінці бункера подається на транспортуючому орган 2. По транспортуючому органу 2 матеріал, що сепарується, транспортується у напрямі вхідного вікна 3 вентилятори і входить в контакт з пружинячою заслінкою 12, яка згладжує шар сепаруемого матеріалу, доводячи його до заданої рівня  $h$ . При цьому обов'язкове дотримання умови  $H=h$  (рис. 7.7). Якщо  $H>h$  забивання зазору між вхідним вікном 3 вентилятори і що транспортується органом 2 не відбувається. В разі перевищення рівня матеріалу, що сепарується, на транспортуючому органі 2 вище допустимого, пружиняча заслінка 12, повертаючись довкола осі (рис. 7.7), входить в контакт з вимикачем 13 електродвигуна 14 транспортуючого органу 2 (рис. 7.6).

Електродвигун зупиняється. Цим запобігає забивання зазору  $H$  і деформація корпусу 5 вентилятора.

У момент подачі матеріалу в зону сепарації 11 і далі в процесі сепарації матеріал піддають інтенсивній взаємодії потоків повітря, що створюються робочим колесом 9. Під дією повітряних потоків частки матеріалу, потрапляючи в зону сепарації 11, починають здійснювати складні зсуви і переходивши в зважений стан за рахунок сумарної сили  $F$ , прагнуть вирватися із загальної маси матеріалу. Сила  $F$  є сумарною сил, що діють на частки і викликають вертикальне переміщення часток. Крім того, частки матеріалу 8 піддаються дії відцентрової сили  $F$ , яка направлена в кожен момент часу перпендикулярно вектору сили  $F$  і сили  $F_T$ , що викликає рух частки по колу.

Доля часток матеріалу, що сепарується, що знаходяться в зваженому стані, визначена як "псевдо-киплячий" шар. Всі частки матеріалу, що сепарується, знаходиться в зоні сепарації 11, фактично можна розділити на три шаруючи. Частки, сили тяжіння яких значно перевищують силу  $F$ , знаходяться безпосередньо на транспортуючому органі 2. Частки, сила тяжіння яких близька до сили  $F$ , знаходяться в "псевдокиплячому" шарі, здійснюючи складні переміщення (рухаються по колу і вагаються уздовж осі вентилятора) під дією кругових потоків повітря, що створюються робочим колесом 9. Частки, сила тяжіння і аеродинамічні характеристики яких дозволяють їм переміщатися під дією сили  $P$ , рухаються по спіралі по напрямку руху повітряних потоків до вихідного вікна.

Наявність "псевдокиплячого" шару і зважений стан матеріалу в зоні сепарації 11 сприяє видаленню легкої фракції матеріалу, що сепарується, із зони сепарації 11. Траєкторія переміщення відсепарованої фракції збігається з траєкторією переміщення повітряних потоків в корпусі 5 вентилятора. Зазор  $H$  (рис. 7.7) вибирається з розрахунку співвідношення діаметру  $D$  вхідного вікна вентилятору і величини цього зазору  $H$ . Експериментально встановлено, що співвідношення  $D/h=2-4$ . Це забезпечує найбільш ефективну роботу сепаратора по вилученню легкої фракції матеріалу і найбільш сприятливі умови для сепарації.



Запропонований пристрій дозволяє вилучати ефективніше легку фракцію, що міститься в твердих побутових відходах з горизонтальної поверхні стрічки за рахунок виникнення інтенсивного кругового руху повітря біля вхідного вікна вентилятору при обертанні робочого колеса, а також зменшити габарити вентилятору і підвищити його технологічність за рахунок спрощення конструкції.

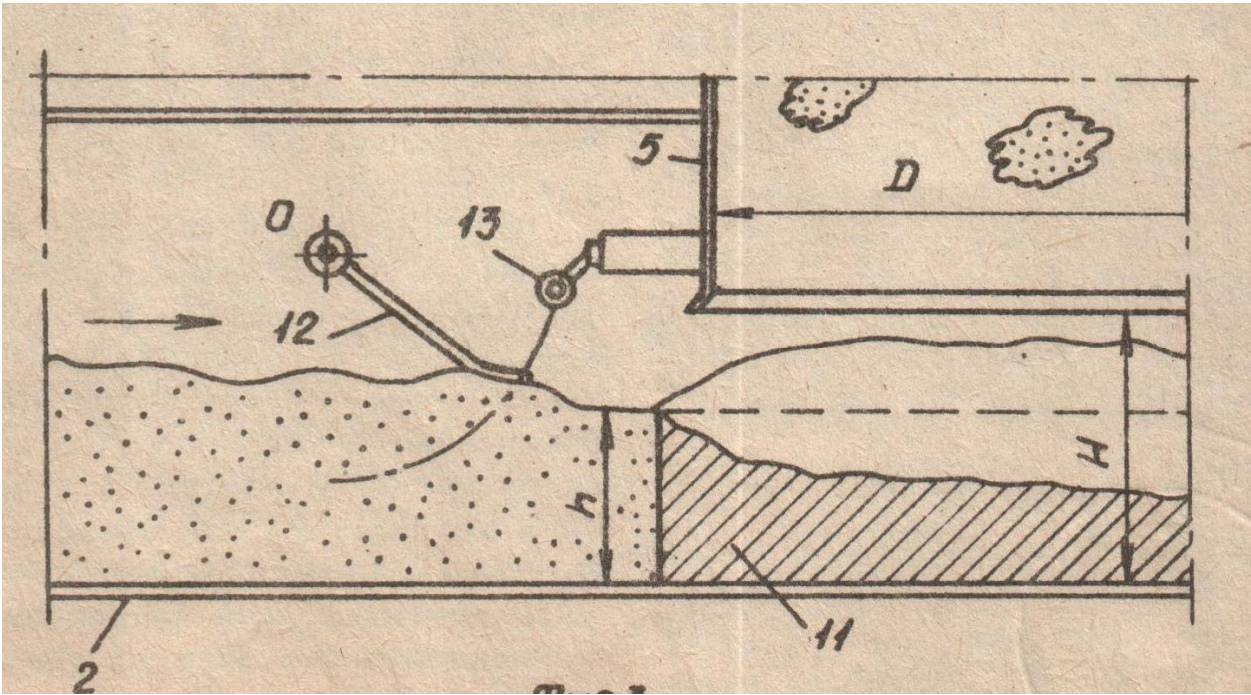


Рисунок 7.7 – Геометричні параметри зазору аеродинамічного сепаратора

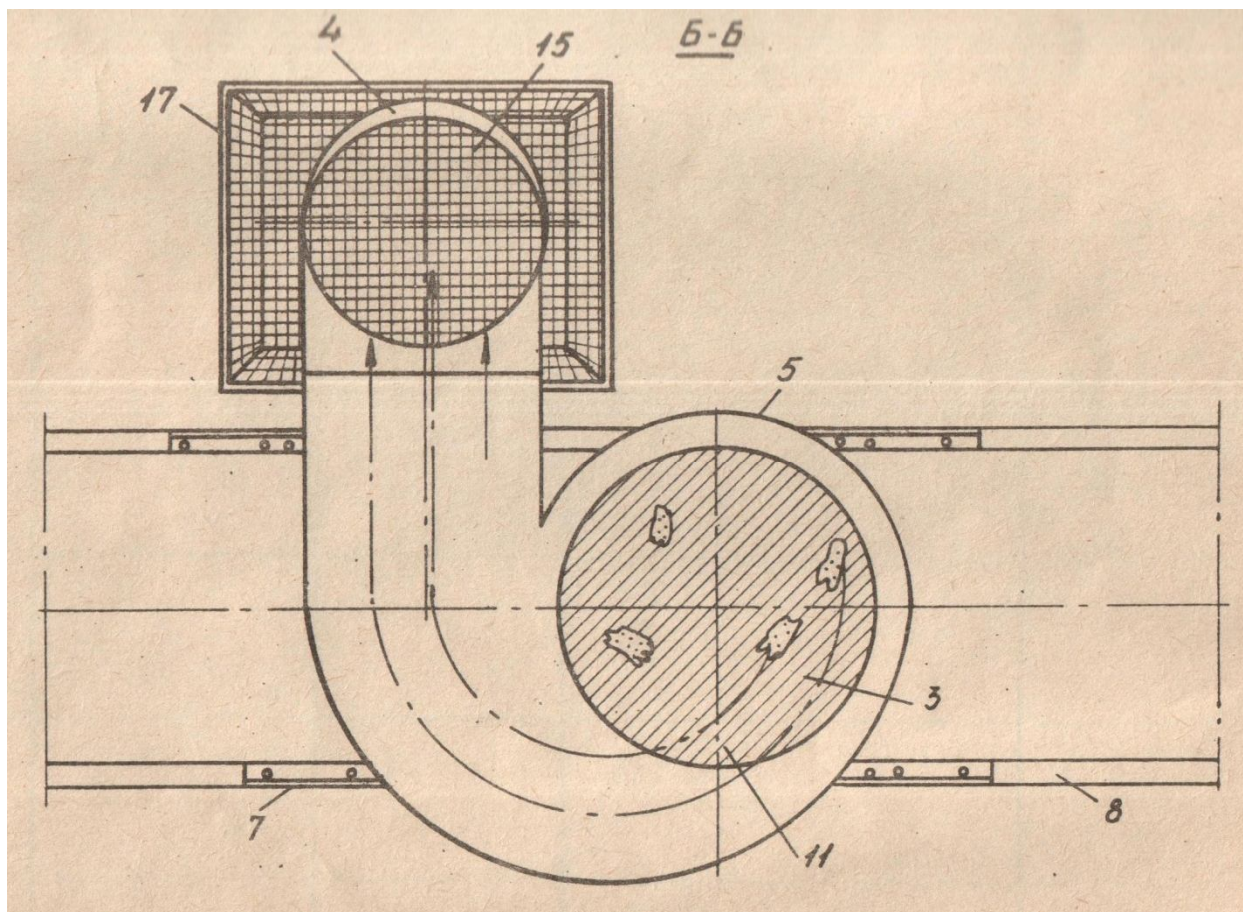


Рисунок 7.8 – Загальний вигляд аеродинамічного сепаратора (розріз Б-Б)

#### 7.4 Розробка технологій збагачення відходів переробки титано-цирконових розсипів

Відходами переробки титано-цирконових розсипів ВГМК є формовочні кварцові піски, основна маса яких виділяється в стадії гравітаційного збагачення на конусних сепараторах. В типових формовочних пісках цього підприємства вміст  $Fe_2O_3$  коливається в межах 0.2...0.3%. Сировина для скляної промисловості, залежно від області застосування, повинна містити менше 0,1% окислів заліза. Основними носіями заліза в даному продукті є ільменіт і зерна кварцу, які мають на поверхні тонку плівку окислів заліза або незначні їх включення.

Для з'ясування можливості зниження вмісту  $Fe_2O_3$ , з метою підвищення сортності продукції, були проведені дослідження зі збагачення даного продукту з використанням роликового сепаратора з електричним зніманням магнітного продукту – РСТ.

Дослідження проводилися на пробі формовочного піску з вмістом  $\text{Fe}_2\text{O}_3=0,2\%$ .

Попередніми дослідженнями встановлено, що найбільш оптимальним навантаженням на роликовий сепаратор для даної сировини є питома навантаження 4,5 т за годину на погонний метр (3 т за годину на промисловий сепаратор).

Результати досліджень на лабораторному роликовому сепараторі при продуктивності 4,5 т за годину на погонний метр (що відповідає швидкості подачі матеріалу на лабораторний сепаратор 125 г/с) представлені на рис. 7.9.

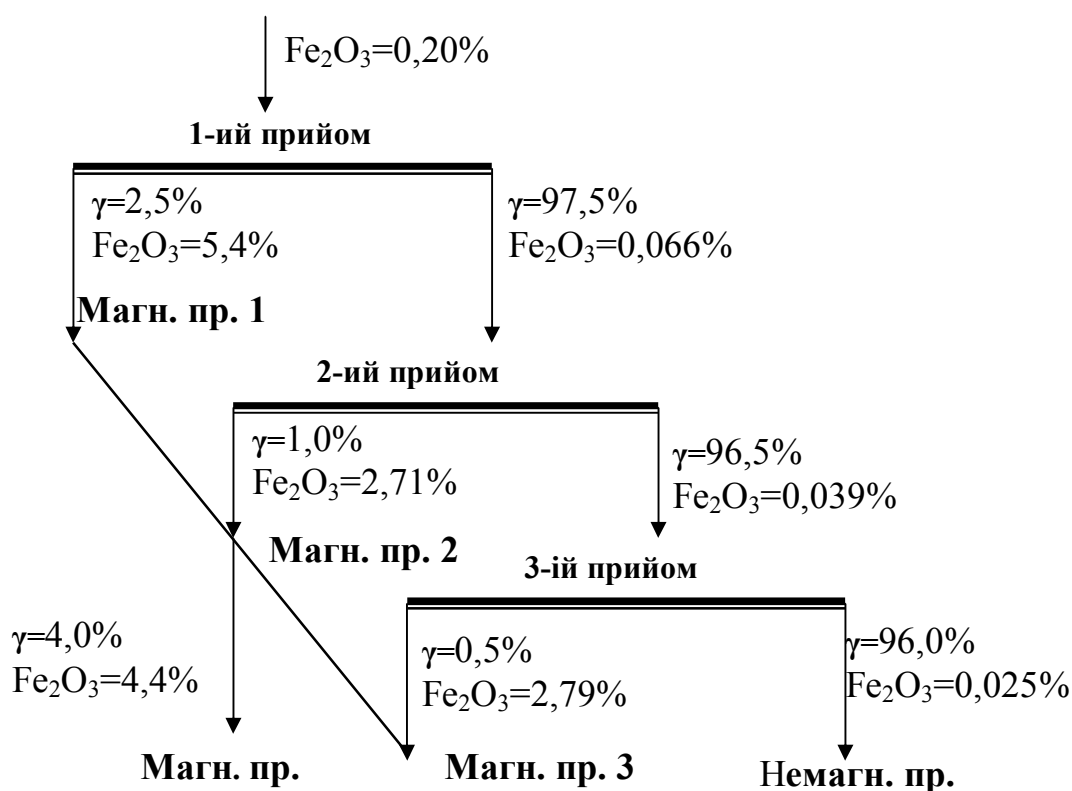


Рисунок 7.9 – Результати магнітної сепарації кварцового піску

З наведених результатів видно, що в другому прийомі сепарації отримано продукт, який містить 0,39%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , що відповідає марці кварцового піску ВС 040. Після перечищення (третьій прийом сепарації) вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  знижується до 0,025% (марка ВС 030).

Висновки:

1. Використання роликового сепаратора РСТ для очищення формовочних пісків ВГМК дозволяє одержувати скляні піски, що за вмістом  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  відповідають

марці ВР 030.

2. Кількість прийомів сепарації визначається вимогами до якості очищення кварцової сировини.

7.5 Розробка технологій збагачення відходів переробки пірохлор-цирконових руд

7.5.1 Збагачення лежалих відходів хіміко-металургійної фабрики Маріупільського металургійного комбінату ім. Ілліча

Лежалі відходи хіміко-металургійної фабрики Маріупільського металургійного комбінату ім. Ілліча мають польовошпатовий склад та характеризуються високим ступенем вмісту мінералів, в склад яких входить залізо. Вміст окису заліза складає 4...5%. Для матеріалу притаманні дрібні (менше 100мкм) вкраплення темнокольорових мінералів і висока ступінь поверхневого озалізнення зерен. Зерна часто тріщинуваті і на усю глибину тріщин також пронизані гідроокислами заліза. Тому задача отримання із цієї сировини якісного польовошпатового концентрату представляється вельми складною.

Дослідження з високоградієнтної мокрої магнітної сепарації показали, що при використанні простої схеми збагачення (одна основна операція та одна перечистка немагнітного продукту у сильному полі), вміст оксидів заліза вдається знизити до 1,3...1,1%. При цьому застосування у якості феромагнітного наповнювача куль дає кращі результати, ніж при використанні металеві вати.

Схема, яка містить операції сухої магнітної сепарації з наступним помелом до крупності –100 мкм та мокрої високоградієнтної магнітної сепарації дозволила зменшити вміст оксидів заліза до 0,66%.

Досліди з високоградієнтної мокрої магнітної сепарації, спочатку у слабому полі, а потім у сильному (дві перечистки), при низькій швидкості фільтрації пульпи (менше 1 см/с) дозволили отримати концентрат із вмістом заліза 0,22%. Однак така схема не може бути рекомендована для промислового використання із-за низької

продуктивності. На підставі проведених досліджень і результатів мінералогічного вивчення проб розроблена схема збагачення лежалих відходів ДХМЗ, яка дозволяє отримувати концентрат із вмістом оксидів заліза 0,35...0,25%. Схема збагачення наведена на рис .7.10

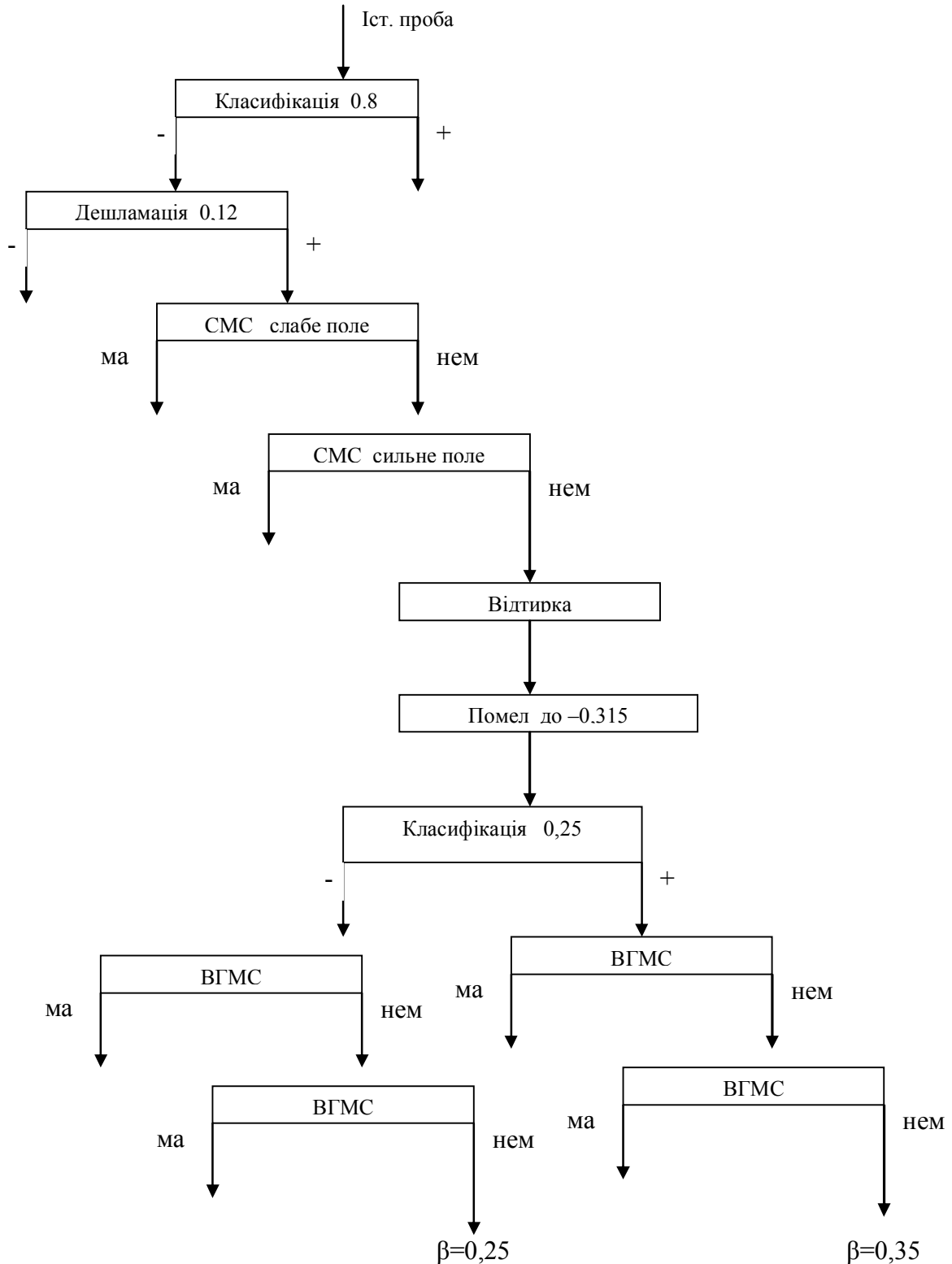


Рисунок 7.10 – Схема збагачення лежалих відходів хіміко-металургійної фабрики Мариупільського металургійного комбінату ім. Ілліча

З метою отримання кондиційних польовошпатових матеріалів, цирконових та пірохлорових продуктів розроблена технологія збагачення лежалих відходів Мазурівського родовища.

Технологія переробки лежалих відходів включає наступні основні операції: видобуток лежалих пісків відкритим способом і транспортування автотранспортом до місця переробки; грохочення та знешламлення у гідроциклонах; гідравлічна класифікація пісків; магнітна сепарація фракції + 0,3мм; помел немагнітного продукту класу + 0,3 у кульовому млині; знешламлення продукту помела у гідрокласифікаторі; магнітна сепарація фракції 0,05 – 0,3 мм; гравітаційне збагачення пісків на гвинтових сепараторах для видалення важких фракцій, у яких концентруються пірохлор та циркон, і легких фракцій, у яких концентрується польовошпатовий продукт; сушка пісків у барабанній сушарці; суха магнітна сепарація пісків; гравітаційне збагачення пісків на гвинтових сепараторах; доводка важкого продукту на концентраційних столах; відцентрова концентрація пісків у концентраторі «Knelson»; зневоднення важких продуктів в центрифугі; сушка пісків та суха магнітна сепарація у сильному полі з метою видалення чорного цирконового концентрату та промпродукту, що містить пірохлор.

## 8 ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ КОРИСНИХ КОМПО-НЕНТІВ З ТВЕРДИХ ПРОМИСЛОВИХ ТА ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВИКОРИС-ТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СЕПАРАТОРІВ

### 8.1 Іспити технологій та обладнання для вилучення корисних компонентів з промислових відходів

Проведені іспити у дослідно-промислових умовах технології та обладнання для переробки і збагачення лежалих відходів Мазурівського родовища. Сировиною для дослідно-промислової установки є лежалі відходи збагачення нефелінових сієнітів.

Лежалі хвости є відходами діяльності збагачувальної фабрики, яка переробляла у 40-60-і роки минулого сторіччя руди Мазурівського родовища, які представлені нефелін-сієнітовими лужними породами. Переробка руди складалась у вилученні з неї циркону. Хвости збагачення (99% від маси видобутої руди) складавали у долині р. Східний Кальчик. Відвали за складом практично відповідають руді, що видобувалась.

За роки діяльності збагачувальної фабрики було накопичено біля 1 млн. тон лежалих відходів, які придатні до переробки. Відвали хвостосховища нерівномірні за складом: 70% складають піски, 21% – піщано-алевритисті відкладення та 9% – суглинки. Мінералогічний склад лежалих відходів наведено у табл. 8.1. Суглинки та піщано-алевритисті відкладення містяться у найбільш глибокій частині хвостосховища. Ці різновиди різняться за хімічним складом (табл. 8.2). Верхній горизонт хвостосховища значно відрізняється від нижнього за складом відходів (табл. 8.3).

Таблиця 8.1 – Мінеральний склад досліджених проб пісків (мас. доля, %)

Мінерал	Проби		
	1	2	3
Мікроклин-перліт	35,1	37,0	38,5
Альбіт	34,2	38,0	30
Нефелин, глинисті мінерали	17	14,5	20,1
Лепидомелан	35	8,3	47
Егірин, амфібол	5,5		4,45
Циркон	0,4	0,37	0,35
Пірохлор		0,14	0,14
Інші	4,5	1,4	1,9

Таблиця 8.2 – Хімічний склад різновидностей лежалих відходів (мас. доля, %)

Компонент	Пісок			піщано.-алеврит. відкладення			суглинок		
	мін.	макс.	серед.	мін.	макс.	серед.	мін.	макс.	серед.
SiO <sub>2</sub>	56,58	61,84	59,39	54,16	60,64	56,90	49,70	58,28	52,68
TiO <sub>2</sub>	0,23	1,47	0,48	0,31	1,42	0,67	0,31	1,17	0,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,66	22,66	20,82	19,44	22,17	31,29	21,54	25,20	23,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,66	9,00	4,10	3,25	8,25	5,33	4,05	10,58	5,95
MgO	0,20	1,80	0,64	0,49	1,49	0,99	0,70	1,51	1,24
CaO	0,27	1,66	0,73	0,68	2,50	1,17	1,10	2,96	2,07
Na <sub>2</sub> O	3,03	6,37	4,96	3,90	5,82	4,72	2,79	4,44	3,37
K <sub>2</sub> O	3,27	7,04	5,80	3,16	6,08	4,54	2,41	4,33	3,45
SO <sub>3</sub>	0,01	0,13	0,07	0,01	0,34	0,05	0,02	0,16	0,06
п.п.п.	2,21	3,67	2,75	3,23	5,57	4,13	4,45	8,53	7,29
Сума			99,74			99,79			99,80

Таблиця 8.3 – Хімічний склад лежалих відходів (мас. доля, %)

Компонент	Загальний склад			Верхній горизонт	Нижній горизонт
	мін.	макс.	серед.		
SiO <sub>2</sub>	49,70	60,60	58,17	59,46	55,63
TiO <sub>2</sub>	0,07	1,47	0,53	0,42	0,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,44	25,20	21,16	21,03	21,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,66	10,58	4,55	3,87	5,44
MgO	0,20	1,80	0,78	0,55	1,23
CaO	0,27	2,96	0,96	0,74	1,43
Na <sub>2</sub> O	2,77	6,37	4,74	5,06	3,70
K <sub>2</sub> O	2,41	7,04	5,29	5,59	4,64
SO <sub>3</sub>	0,01	0,16	0,065	0,04	0,05
п.п.п.	2,21	8,53	3,51	2,88	4,57
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,054	0,172	0,089	0,079	0,107
ZrO <sub>2</sub>	0,054	0,224	0,098	0,111	0,085
Сума			99,94	99,83	99,042



Гранулометричний склад досліджених проб пісків наступний: фракція – 2,5+0,5 мм складає 30...47% від загальної маси, фракція –0,5+0,1 мм – 40,85...56,6%, у тому числі 0,3+0,1 мм – 27...35%; шламиста частина складає від 6,4 до 20,4%.

У класі +0,5 мм переважає калієвий польовий шпат. У класі –0,5+0,1 мм співвідношення калієвої і натрієвої складових близько до одиниці. У шламах (клас –0,1 мм) переважає натрієвий польовий шпат.

Гравітаційний аналіз зернистої частини проби відвалів показав (табл. 8.4), що переважна частина матеріалу 79,02% (або 89% зернистої частини) концентрується у вузькому інтервалі щільності – менше 2,7 г/см<sup>3</sup>.

Таблиця 8.4 – Гравітаційна характеристика проби пісків

Продукт (щільність, г/см <sup>3</sup> )	Вихід, %	Оксид калію		Оксид натрію	
		мас. доля %	вилуче ння, %	мас. доля, %	вилуче ння, %
Зерниста частина, кл.+0,1 мм	88,1	7,06	94,4	4,61	88,9
<2.54	10,73	5,58	10,2	1,88	4,3
2.54-2.60	39,45	10,82	72,7	2,65	22,5
Усього <2,60	50,18	9,70	82,9	2,48	26,8
2,6-2,7	28,84	1,63	8,0	8,46	52,4
Усього < 2,7	79,02	6,75	90,9	4,66	79,2
2,7-2,9	2,94	4,19	2,1	2,51	1,6
Усього <2,9	81,96	6,66	93,0	4,58	80,8
>2,9	6,14	1,34	1,4	6,12	8,0
Шлами (кл.–0,1 мм)	11,9	2,76	5,6	4,34	11,1
Відходи у цілому	100,0	5,87	100,0	4,65	100,0

Якість сировини, яка подається на збагачення, повинна відповідати наступним вимогам:

Гранулометричний склад лежалих відходів, %:

клас +2,5 мм – 0,25;  
клас –2,5 + 1,0 мм – 19,26;  
клас –1,0 + 0,5 мм – 27,74;  
клас –0,5 + 0,315 мм – 13,55;  
клас –0,315 + 0,1 мм – 27,30;  
клас –0,1 мм – 11,9.

## 8.2 Технологічна схема переробки та збагачення лежалих відходів

Технологія переробки лежалих відходів включає в себе наступні основні операції:

- грохочення по класу 1-2 мм;
- знешламлення у гідроциклонах ;
- гідравлічна класифікація пісків;
- магнітна сепарація у слабому полі, а потім у сильному полі класу +0,3 мм;
- помел немагнітного продукту класу + 0,3 у кульовому млині;
- знешламлення продукту помела у гідрокласифікаторі з метою виділення шламів крупністю –0,05 мм;
- магнітна сепарація у слабому полі, а потім у сильному полі класу 0,05–0,3 мм;
- гравітаційне збагачення пісків на гвинтових сепараторах з метою видалення важких фракцій, у яких концентруються пірохлор та циркон, і легких фракцій, у яких концентрується польовошпатовий продукт;
- сушка пісків у барабанній сушарці;
- суха магнітна сепарація пісків;
- гравітаційне збагачення пісків на гвинтових сепараторах;
- доводка важкого продукту на концентраційних столах;
- відцентрова концентрація пісків у концентраторі «Knelson»;
- зневоднення важких продуктів у центрифугі;
- сушка пісків;
- суха магнітна сепарація у сильному полі з метою видалення чорного цирконового концентрату та промпродукту, що містить пірохлор.

У результаті проведених іспитів отримані наступні продукти розділення:

1. Польовошпатовий концентрат.

Вміст, мас.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 21%;  $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  – 12%;  $\text{SiO}_2$  – 64% ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,24%.

Вологи (не більше) – 1,0%.

Вихід продукту на рівні 63%.

2. Пірохлоровий промпродукт  $\text{Nb}_2\text{O}_5+\text{Ta}_2\text{O}_5$ .

Вміст, мас.  $\text{Nb}_2\text{O}_5+\text{Ta}_2\text{O}_5$  – 0,15%;

Питома ефективна активність, Бк/кг (не більше) – 7400.

3. Чорновий цирконовий концентрат.

Вміст, мас.  $ZrO_2$  – 0,5%.

Отриманий польовошпатовий концентрат відповідає вимогам стандартів України, а чорновий цирконовий концентрат та пірохлоровий промпродукт рекомендується направляти на подальшу переробку.

### 8.3 Переробка відходів виробництва феросилікомарганцю.

У якості вихідного матеріалу використовувались шлакометалеві суміші з виробництва Fe-Si-Mn, які завозилися автотранспортом. Після дроблення, класифікації й наступної магнітної сепарації отримані продукти:

- фракція + 5 мм (магнітна),
- фракція + 5 мм (немагнітна),
- фракція – 5 мм (магнітна),
- фракція – 5 мм (немагнітна).

При переробці втрати матеріалу склали приблизно 2,8%.

Немагнітні матеріали піддавалися додатковій перевірці в лабораторії методами магнітної сепарації в сильному магнітному полі. Результати аналізів наведені в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Хімічний аналіз немагнітних продуктів

Найменування матеріалу	Вміст в % (за масою)					
	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Немагнітний продукт (фракція +5 мм)	46,94	12,15	4,65	15,28	0,74	1-,07
Немагнітний продукт (фракція –5 мм )	48,33	12,75	4,66	15,65	0,75	10,38

Результати хімічного аналізу підтверджують відвальний характер немагнітних фракцій і тому ці промпродукти переробки пропонується реалізувати за аналогією з фракціями переробки граніту – 5 мм та 5–20 мм.

Усереднені проби магнітної фракції були переплавлені для визначення виходу металу і його складу.

Хімічний склад металевої фази й шлаків після переплаву наведений у табл. 8.6 і 8.7.

Таблиця 8.6 – Склад металевої фази

Найменування матеріалу	Вихід металу	Вміст в % (за масою)				
		Mn	Si	P	S	Fe
фракція – 5 мм	21	55,86	15,10	0,33	0,03	23,76
фракція – 5 мм	18	58,77	16,22	0,30	0,019	21,58
фракція – 5 мм	90,6	76,45	16,78	0,27	0,02	7,02

Таблиця 8.7 – Склад шлакової фази

Найменування матеріалу	Вміст в % (за масою)					
	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
фракція – 5 мм	52,73	11,77	4,08	13,65	0,835	6,82
фракція – 5 мм	52,72	11,30	4,19	21,22	8,72	6,60
фракція + 5 мм	46,94	12,15	4,65	15,28	0,74	10,07

Як видно з представлених даних, магнітна фракція, яка виділена із класу крупності 5–20 мм, представлена в основному Fe-Si-Mn (90,6%). Апаратурно-технологічна схема переробки шлаків наведена на рис. 8.1.

Магнітна фракція 0–5 мм після магнітної сепарації містить близько 80% шлакової складової, при цьому за рахунок сильного магнітного поля й дрібного розміру частинок у неї захоплюються магнітні окисли й частинки металевого заліза, що при переплаву знижує вміст металевого марганцю й кремнію, особливо при використанні графітового тигля, за рахунок відновлення окислів заліза до металу.

З метою підвищення вмісту металевого марганцю фракція 0–5 мм була піддана повторній магнітній сепарації в сильному й слабкому магнітному полі.

У результаті цих операцій отримано 70,6% відвального матеріалу; 6,5% сильномагнітної фракції; 22,9% слабомагнітної фракції.

Сильномагнітна й слабوماгнітна фракції були піддані переплаву з метою визначення виходу й складу металевої фази.

Хімічний склад відвального матеріалу наведений у табл. 8.8

Таблиця 8.8- Хімічний склад відвального матеріалу

Найменування матеріалу	Вміст в % (за масою)					
	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
немагнітний матеріал після повторної сепарації	44,7	10,98	4,08	15,55	2,05	9,78

Як видно з представлених даних, цей матеріал не має металургійної цінності й може бути об'єднаний з немагнітним продуктом фракції –5 мм після першої магнітної сепарації.

Хімічний склад металу, який отриманий після переплаву магнітних матеріалів наведений у табл.8.9. Хімічний склад шлаків наведений у табл.8.10.

Таблиця 8.9 – Хімічний склад металофази після переплаву

Найменування матеріалу	Вихід металу,%	Вміст в % (за масою)				
		Mn	Si	P	S	Fe
слабوماгнітна фракція	42,1	64,89	16,66	0,3	0,03	11,98
сильномагнітна фракція	12,4	22,85	10,46	0,3	0,03	30,75

Таблиця 8.10 – Хімічний склад шлаків

Найменування матеріалу	Вміст в % (за масою)					
	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
слабوماгнітна фракція	45,11	14,54	5,0	11,81	1,88	22,51
сильномагнітна фракція	29,42	16,42	6,73	7,49	44,52	

Апаратурно-технологічна схема повторної магнітної сепарації наведена на рис. 8.2

Таким чином, повторна магнітна сепарація фракції  $-5$  мм у слабкому й сильному магнітному полі дозволяє додатково вилучити у відвальний продукт більше 70 % матеріалу, що не містить Fe-Si-Mn.

З урахуванням кількох перевірок на вміст магнітного матеріалу у відвальних продуктах магнітної сепарації можна з упевненістю затверджувати, що втрати феросилікомарганцю з відвальними продуктами мінімальні.

Низький вихід металевої фази з переробленого продукту обумовлений, в першу чергу, незначним вмістом феросилікомарганцю у вихідному продукті, що відповідно до розрахунку склав не більше 2%. При цьому сумарний вміст металевої фази силікомарганцю у вихідному продукті склав приблизно 8,5%.

Як видно з результатів проведених іспитів, апаратурно-технологічна схема при класифікації дробленого продукту дозволяє в класі  $+5$  мм одержати за одну стадію товарний феросилікомарганець.

Магнітний матеріал у класі  $-5$  мм вимагає додаткової магнітної сепарації для виділення матеріалу з підвищеним вмістом металевого й окісного заліза.

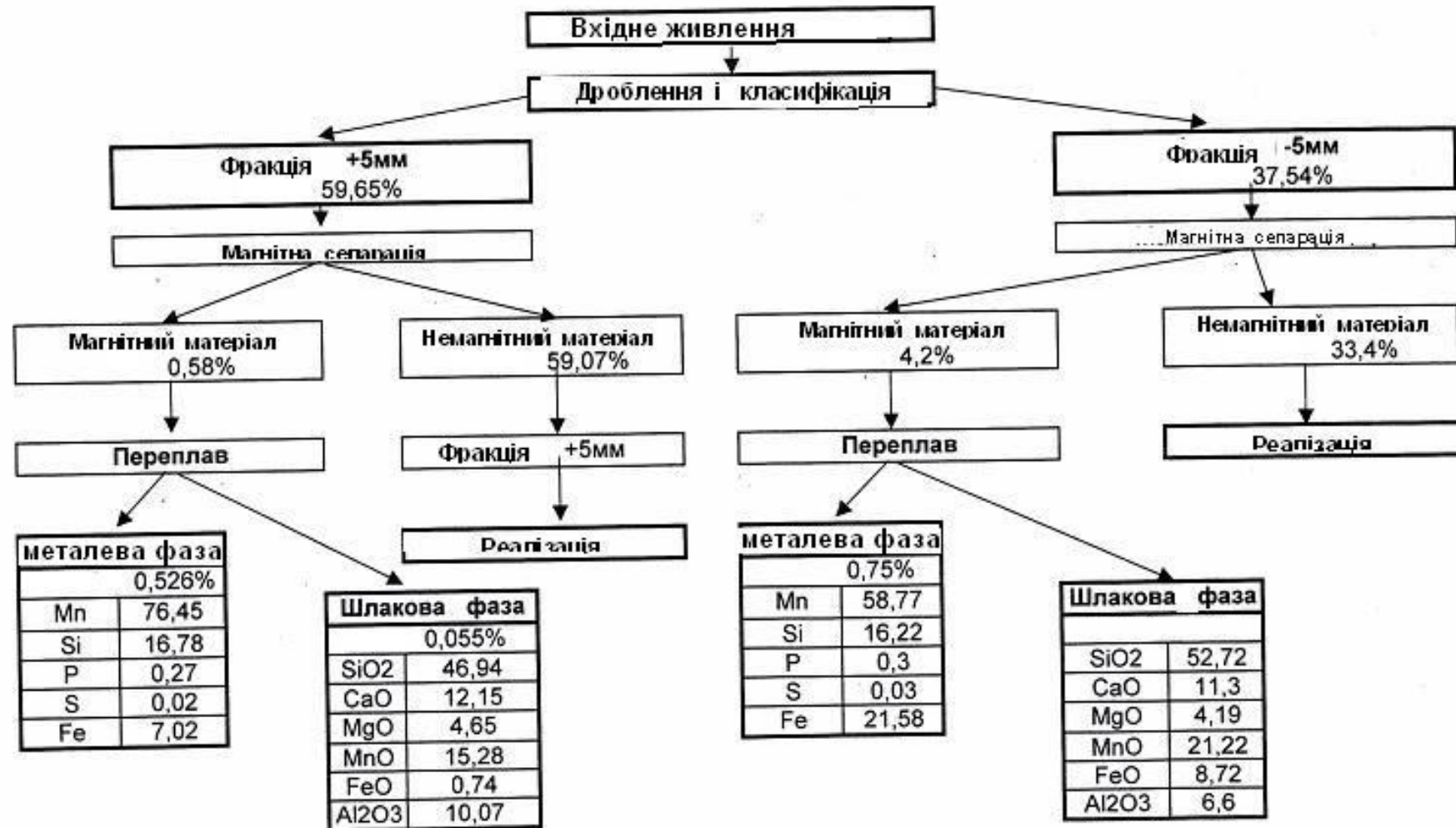


Рисунок 8.1 – Апаратурно-технологічна схема переробки металургійних шлаків

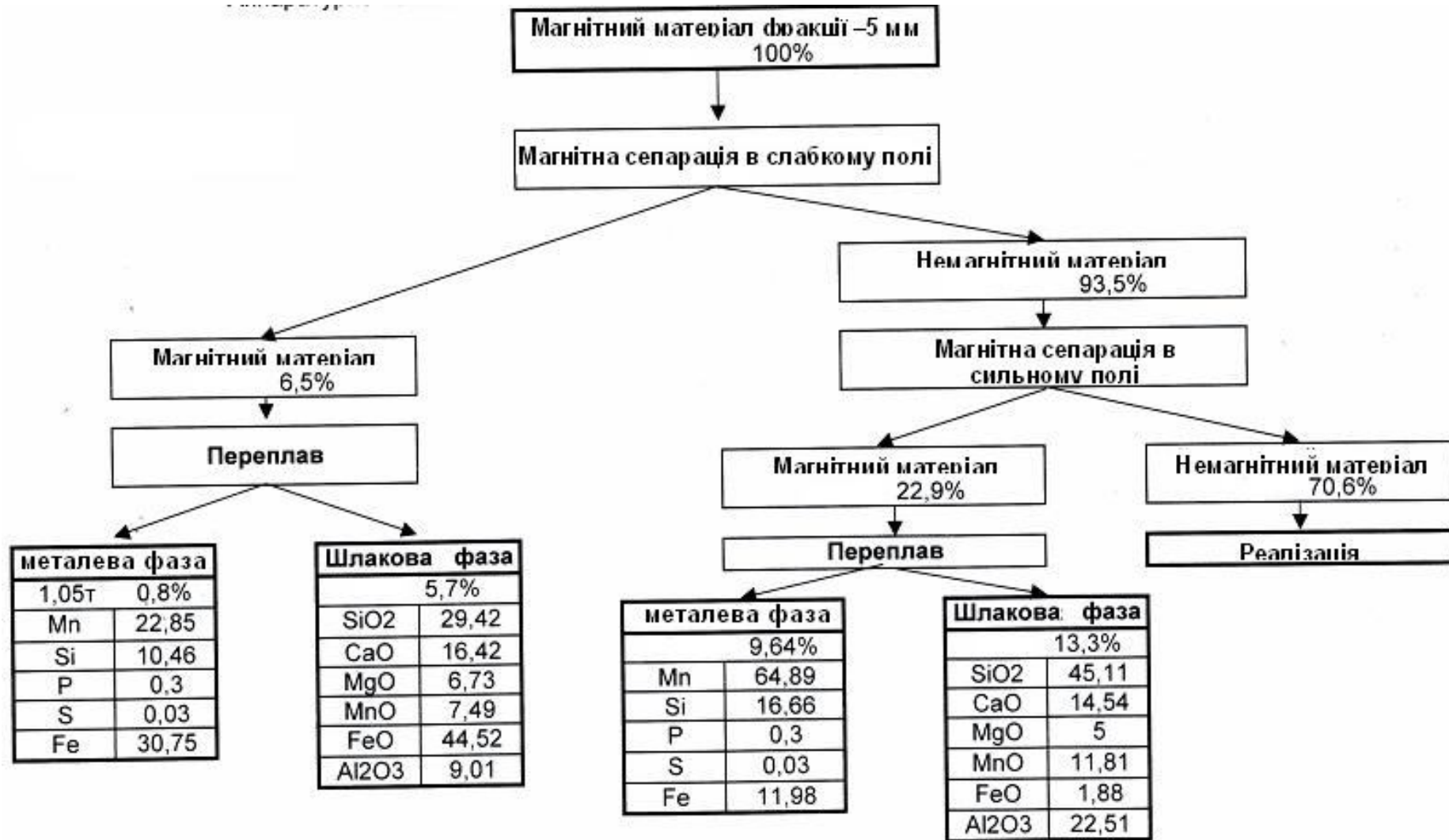


Рисунок 8.2 – Апаратурно-технологічна схема повторної магнітної сепарації



#### 8.4 Рекомендації з використання сепараторів відповідних типів

На вибір сепараторів при збагаченні промислових відходів важливу роль відіграють властивості сировини, що переробляється. Насамперед, це стосується таких важливих чинників, як контрастність розділових властивостей сировини, гранулометричний склад, вміст корисних компонентів у сировині, необхідна продуктивність сепараторів та т. ін.

На перших стадіях переробки необхідно застосовувати переважно барабанні магнітні сепаратори зі слабим магнітним полем, які дозволяють видалити сильномагнітні частинки з подальшого процесу збагачення. Такі сепаратори повинні бути оснащені ферито-барієвими магнітами для створення магнітних полів до 0,14 Тл багатополісними магнітними системами. Такі особливості магнітної системи забезпечують магнітне перемішування матеріалу. Це дозволяє отримувати більш чистий магнітний продукт завдяки недопущенню защемлення магнітним матеріалом нерудних зерен. Таким чином, підвищується селективність сепарації сильномагнітного матеріалу. В деяких випадках рекомендується немагнітні та слабомагнітні частинки після такої попередньої стадії збагачення направляти на перечистну магнітну сепарацію.

На подальших стадіях переробки промислових відходів необхідно застосовувати електромагнітні сепаратори, які призначені для збагачення слабомагнітних матеріалів. В сепараторі електромагнітному вихідний матеріал розділяється на компоненти за їх магнітною сприйнятливістю в полі електромагнітів. Відповідно електромагнітна система індуктує магнітне поле у барабані, валку, диску або роторі. Магнітні сепаратори з нижньою подачею живлення працюють у режимі вилучення магнітних часток. У такому режимі легше отримати чистий магнітний продукт, ніж високе їх вилучення. Це пояснюється тим, що частинки матеріалу рухаються по дну западини, де магнітні сили мінімальні. Завдяки цьому, у першу чергу вилучаються найбільш чисті магнітні частинки. Крім того слід зазначити, що при русі магнітних частинок уверх механічний захват ними немагнітних частинок є незначним.

Для збагачення техногенної сировини, яка містить малу кількість дуже дрібних та слабомагнітних частинок рекомендується застосовувати електромагнітно-роликові та індукційно-роликові магнітні сепаратори з верхнім живленням. Треба мати на увазі, що верхня подача матеріалу забезпечує благоприємні умови для отримання високого вилучення магнітних часток. Якість магнітного продукту при цьому нижче, ніж при збагаченні у режимі вилучення, так як притягнуті магнітні частинки тиснуть собою немагнітні, які теж виносяться у магнітний продукт.

Продуктивність сепараторів залежить від крупності матеріалу, який розділяється. Так, наприклад, для сильномагнітних промислових відходів барабанні сепаратори повинні мати діаметр біля 350 мм при довжині не менше 500 мм, при цьому продуктивність для тонкоподрібнених відходів буде на рівні 10...30 т/год. Для слабомагнітних відходів рекомендовано застосовувати роторні магнітні сепаратори, які у крупності на рівні 0,1 мм матимуть продуктивність порядку 300т/год. На останніх стадіях переробки рекомендується застосовувати електричні сепаратори.

Сепаратори електричні застосовуються для розділення матеріалів крупністю до 5 мм, які відрізняються електропровідністю. Продуктами розділення є частинки з властивостями провідників, напівпровідників та ізоляторів з відповідною питомою електропровідністю: провідників  $10^2 - 10^3$  См/м, напівпровідників  $10 - 10^8$  См/м, ізоляторів менше  $10^8$  См/м. Розділення матеріалу здійснюється у повітряному середовищі після ретельного просушування вихідного матеріалу. Найбільш широкою сферою застосування електричних сепараторів, на наш погляд, буде доводка промпродуктів, концентратів та відходів титано-цирконових, ільменіто-рутило-цирконових, тантало-ніобієвих, а особливо кварц-польовошпатових продуктів.

Рекомендацій щодо використання технологій та сепараторів для сухого збагачення польовошпатової сировини:

– при застосуванні схем сухого збагачення пегматитової сировини необхідно передбачати знепилення вихідного продукту за класом – 0,063 мм;

– у схемах магнітного збагачення польовошпатової сировини доцільно застосовувати роликовий сепаратор з електричним зніманням магнітного продукту (РСТ), що дозволяє забезпечити найбільше вилучення слабомагнітних домішок;

– у схемах доведення цирконових промпродуктів доцільно використовувати бар'єрний сепаратор (БСТ), що забезпечує максимальний приріст вмісту циркону в концентраті за рахунок зменшення його втрат з відходами й відсутність циркуляції промпродукту в порівнянні із застосуванням валкових сепараторів 2ВК.

## ВИСНОВКИ

1. Виконаний теоретичний аналіз сучасного сепараційного обладнання для переробки твердих побутових та промислових відходів. Встановлено, що сучасні роботи ведуться у напрямку селективного подрібнення та сортування вихідної сировини, а також зазначене використання надвисоких частот та сильних електричних полів, зокрема термогравиметричних методів у досить ефективних модулях кускової сортировки – МКС-Т/1.

2. Запропоновані модернізовані барабанні магнітні сепаратори з сильними магнітними полями для переробки відходів гірничо-металургійної промисловості з низьким рівнем енергоспоживання.

3. Отримані вихідні дані для розробки методик розрахунку гравітаційного, магнітного та електричного сепараційного обладнання.

4. Отримані основні технологічні параметри процесу сухої магнітної сепарації цирконових промпродуктів на сепараторах з сильним магнітним полем при індукції магнітного поля у робочих зонах на рівні 1,3...1,7 Тл. При використанні надпровідникового магнітного сепаратора з індукцією понад 2,5 Тл вихід корисних компонентів складає 91,4...94 % у порівнянні з валковим сепаратором (вихід корисних компонентів 72%).

5. Досліджені кількісно-якісні характеристики твердих побутових та промислових відходів. Встановлено, що тверді побутові відходи відносяться до змішаних органо-мінеральних відходів споживання. Значну частину ТПВ складають органічні компоненти, тому для переробки твердих побутових відходів можливе застосування термічних та біотермічних технологій.

6. Досліджена вологість твердих побутових відходів житлового сектору, що є необхідним для проектування засобів для збору і видалення відходів та регулювання біохімічних процесів при їх переробці. Встановлено, що загальна вологість ТПВ дорівнює  $36,56 \pm 1,98\%$ , а зовнішня – 31,08%. На вологість твердих побутових відходів значно впливають такі чинники, як пори року, кліматичні умови, ступінь благоустрою житлового фонду і т.д.

7. Досліджений морфологічний склад відходів нежитлового сектору міста, тобто комерційних відходів. Встановлено, що комерційні відходи характеризуються підвищеним вмістом макулатури та зниженим вмістом харчових та рослинних залишків. З економічної та екологічної точки зору доцільно не допускати змішування цих відходів з ТПВ житлового сектору.

8. Встановлено, що основна частина відходів, що накопичується у населення, припадає на клас -100 мм (близько 70% від маси ТПВ), в цьому класі сконцентровано 50% чорних металів, 80% харчових відходів, близько 55% скла і т.д. Визначено, що складові частини ТПВ, які можуть бути утилізовані, складають біля 62,5% від загальної річної кількості ТПВ.

9. Досліджені також і кількісно-якісні характеристики промислових відходів таких, як шлаки доменного, феросплавного та алюмінієвого виробництв, відходи збагачення марганцевих, ільменітових, титан-цирконієвих руд, гранатвміщуючих відходів гранітних кар'єрів та вугільних шлаків. Визначені діапазони вмісту корисних компонентів у відходах, їх гранулометричний та мінеральний склад, встановлена доцільність подальшої переробки та збагачення промислових відходів.

10. Проведені дослідження по збагаченню промислових відходів, зокрема таких як шлаки алюмінієвого виробництва, феросплавних шлаків, лежалих хвостів збагачення нефелінових сієнітів після вилучення з них циркону. При збагаченні алюмінієвих шлаків при начальному вмісті алюмінію на рівні 7% отримані алюмінієві металоконцентрати (вміст алюмінію не нижче 87 %) при виході концентрату порядку 7%. У результаті збагачення відходів збагачення нефелінових сієнітів отриманий бідний пірохлор-цирконовий концентрат, який придатний для подальшої гідро-металургійної переробки та польвошпатовий концентрат для потреб керамічної, фарфорової, скляної та інших галузей виробництва.

11. Поставлена задача отримати концентрат із вмістом ільменіту не менше 96,0% та вилучення ільменіту в концентрат не менше 95,0% досягається. В дослідях отримана оптимальна продуктивність, що становить 4 т/год·м.

Комплекс для доводки чорного ільменітового концентрату продуктивністю 10 т/год повинен включати барабанний магнітний сепаратор БС 31,5/30 та

трьохкаскадний роликовий магнітний сепаратор ЗРС 12/150.

12. Запропонована схема дозбагачення ільменіт-сидеритового концентрату з використанням методів магнітної та електричної сепарації. За даною схемою отримано 15,8% ільменітового концентрату з вмістом ільменіту 90,25% і 40,2% сидеритового продукту, що містить 51,3% сидериту й 40,5% ільменіту. Застосування розробленої технологічної схеми залежить від ситуаційної необхідності виїмки ільменітової руди на ділянках з високим вмістом сидериту.

13. Розроблена технологія вилучення корисних компонентів з твердих побутових відходів (ТПВ), яка включає аеродинамічну, магнітну та електродинамічну сепарацію, дозволяє вилучити з ТПВ біля 80% феромагнітних відходів, біля 70% кольорових металів, здебільше алюмінієвих відходів, що є перевагою в порівнянні з існуючими методами. При необхідності підвищення якості вилучення корисних компонентів можлива установка додаткового аеродинамічного, магнітного та електродинамічного, сепараторів

14. Дослідження зі збагачення кам'яновугільних шламів показали, що використання гравітаційних і магнітних методів збагачення у сполученні з тонким грохоченням та іншими методами класифікації і дешламації дозволяє отримати вугільні концентрати та вугільні продукти із зольністю від 16 до 32%. Розроблені технологічні схеми дозволяють знижувати не тільки зольність вугілля, але і вилучати з нього до 60% сірки загальної, а також від 45 до 85% ртуті, свинцю, миш'яку, ванадію, марганцю, вісмуту та інших особливо шкідливих та токсичних елементів .

15. Для отримання твердого палива на основі збагачених кам'яновугільних шламів і органічної складової твердих побутових відходів розроблена технологія для огрудкування. В основі зазначеної технології покладено процеси, що мають місце у в'язко-пластичному середовищі, яке представляє собою суміш високодисперсних частинок кам'яновугільних шламів, бурого вугілля та твердих побутових відходів. В апараті для огрудкування типу шнекового пресу реалізується процес адгезійно-хімічної агломерації сировини.

16. Розроблені та випробувані експериментальні зразки сепараторів. грохотів та дробарок, які адаптовані для переробки промислових відходів та вилучення корисних компонентів. Розроблені та випробувані два зразки дробарок для подрібнення промислових відходів із високим вмістом часток, які не роздрібнюються, для класифікації промислових відходів створений грохот із спеціальним віброприводом та ситами.

17. Розроблена кількісно-якісна схема відходів переробки пірохлор-цирконових руд, яка включає процеси гравітаційного збагачення, мокрої та сухої магнітної сепарації, електричної сепарації.

18. Визначені раціональні типи сухих сепараторів з сильним магнітним полем (1,3...1,7 Тл) та основні технологічні параметри процесу сухої магнітної сепарації відходів переробки титано-цирконових розсипів, ільменіт-сидеритової руди Іршанського родовища, гранатвміщуючих відходів та пегматитової сировини

19. В операціях очищення польовошпатової сировини від слабomagнітних домішок доцільно застосовувати роликотий сепаратор РСТ тому що, у відмінності від стрічкових сепараторів із сильними магнітами, він дозволяє подавати початковий матеріал безпосередньо на поверхню ролика, де напруженість магнітного поля і його градієнт є найбільшими (до 1,9 Тл), що підвищує вилучення слабomagнітних домішок.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Svoboda J. Magnetic Methods for the Treatment of Minerals. – Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V., 1987. – 690 с.
2. Russel A. Magnetic separation. An ever more exacting science // Industrial Minerals, March, 1992. – С. 38 – 54.
3. Turkenich A. M. Low magnetic material separation method associated with a magnetic product electrical removal and a device for carrying out said method. Int. Appl. Nr: PCT/UA2005/000026. Int. Pub. Nr.: WO 2006/112803, 26.10.2006.
4. 108. Горб А. В., Лапицкий В. Н. Разработка и исследование импульсного электродинамического сепаратора // Межотраслевой научно-технический сборник «Технология». – 1989 – № 2 – С. 51 – 59.
5. Санитарные правила и нормы СанПиН 42-128-4433-87 «Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве». – Введ. 30.10.87.
6. Майстренко О. Ф. Бетоны с использованием заполнителей на основе продуктов сжигания твердых бытовых отходов: Дис... канд. техн. наук: 05.23.05. – Одесса., 2001. – 166 с.
7. Халатова М.Р. Цементные бетоны с использованием шлака мусоросжигательных предприятий: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.05 / Харьковский автомобильно-дорожный ин-т. – Х., 1990. – 23 с.
8. Шлак мусоросжигательных заводов для цементобетонов / И.М. Грушко, А.Г. Ольгинский, М.Р. Халатова, Ю.А. Попов // Строительные материалы и конструкции. – 1998. – №3. – С. 13.
9. Гоц В.І., Петропавловський О.М. Перспективи використання золи від спалювання твердих побутових відходів в технології піноскла // Вісник ПДАБта А. – 2003. – №3-5. – С.60-64.
10. Крайнюк Е.В., Ольгинский А.Г. Экологические аспекты использования шлака мусоросжигательного завода при производстве строительных материалов // Вісник СумДУ. – 2002. – №9(42). – С. 149-152.
11. ГСанПиН 2.2.7–98. Гигиенические требования к поведению с промышленными отходами и определение их класса опасности для здоровья



населения. – К.: 1999.– 42 с.

12. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. Под общей ред. Н.В. Лазарева и Э.Н. Левиной. В 3-х т. –Л.: «Химия», 1976.

13. Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов I-IV групп: Справочник / Под общей ред. В.А. Филова. – Л.: «Химия», Ленинградское отделение, 1988. – 512 с.

14. Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов V-VIII групп: Справочник / Под общей ред. В.А. Филова.– Л.: «Химия», Ленинградское отделение, 1989. – 592 с.

15. Изомеров Н.Ф., Саноцкий И.В., Сидоров К.К. Параметры токсикометрии промышленных ядов при однократном воздействии: Справочник. – М.: «Медицина», 1977. – 240 с.

16. Справочник по растворимости. – М.-Л.: Издательство академии наук СССР, 1961. – Т.1.

17. Справочник химика. 2-е издание.– М.-Л.: 1962. – Т.1.

18. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

19. Критерии отнесения отходов к классу опасности для окружающей природной среды. Утверждены приказом МПР России от 15.06.2001.- №511.

20. СП 2.1.7.1386-03. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления. Введ. 16.06.03.

**ДОДАТОК А**

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Державний вищий навчальний заклад  
"Національний гірничий університет"  
(Державний ВНЗ "НГУ")

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з наукової роботи

\_\_\_\_\_ О.С. Бешта

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2010 р.

**ЗВІТ**

про патентні дослідження

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ПЕРЕРОБКИ, ВИЛУЧЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ КОРИСНИХ КОМПОНЕНТІВ З  
ПРОМИСЛОВИХ ТА ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

Тема ГП – 430

Нач. НДЧ,  
канд. техн. наук

О. Хоменко

Зав. каф. ЗКК,  
науковий керівник НДР,  
д-р техн. наук, проф.

П. Пілов

Зав. патентно-ліцензійного відділу

О. Філонова

Нормоконтроль

Л. Шломіна

2010

## СПИСОК АВТОРІВ

Науковий співробітник

Н.Г. Кабакова  
(форми Г 1.1,  
Г 1.4, Г 1.5,  
Г 2.4, висновки,)

Науковий співробітник

Л.А. Шатова  
(форми Г 1.1,  
Г 1.4, Г 1.5,  
Г 2.4, висновки,)

Науковий співробітник

В.Ю.Шутов  
(форми Г 1.5  
Г 2.4, висновки)

Інженер I кат.

Ахметшина І.В.  
(форми Г 1.1,  
Г 1.4, висновки)

## ЗАГАЛЬНІ ДАНІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Організація – виконавець розробки: Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет"

Початок розробки – 2009 р., січень.

Закінчення розробки – 2010 р., грудень.

Об'єкт дослідження – нові технології та обладнання для вилучення цінних компонентів, що входять до складу промислових та твердих побутових відходів та технології вилучення шкідливих домішок з індустриальної сировини.

Область застосування – гірничо-металургійні комплекси України, а також гірничо-збагачувальні виробництва, у яких сконцентровані відходи різних виробництв та підприємства по переробці твердих побутових відходів.

Робота передбачає теоретичні та експериментальні дослідження, які спрямовані на встановлення оптимальних технологічних параметрів утилізації твердих побутових та промислових відходів. Наукові і практичні результати даної роботи можуть бути використані при розробці нових і удосконаленні існуючих технологічних схем переробки твердих побутових та промислових відходів, а також при розробці та проектуванні сепараційного обладнання.

## ЗМІСТ

Довідка про пошук № 1	5
Довідка про пошук № 2	6
Довідка про пошук № 3	7
Регламент пошуку № 1	8
Регламент пошуку № 2	9
Регламент пошуку № 3	10
Г.1.1 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу	11
Г.1.4 Техніко-економічні показники ОГД та об'єктів аналогічного призначення	14
Г.1.5 Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності ОГД	16
Г.2.4 Аналіз можливості застосування в ОГД відомих об'єктів промислової власності	18
Довідка №1 про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР	23
Довідка №2 про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР	25
Висновки	27
Додаток А.1 Завдання на проведення патентних досліджень	29

## ДОВІДКА ПРО ПОШУК № 1

Завдання на проведення патентних досліджень №1 від 02.03.2009

ОГД: технологія отримання твердого палива на основі збагачених вугільних шламів.

Номер, дата регламенту пошуку №1, 2009 р.

Початок пошуку 04.03.2009 Закінчення пошуку 25.05.2009

Таблиця В.1 Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Технологія отримання твердого палива на основі збагачених вугільних шламів	Україна	МНК В03В, В09В 1/00-5/06, С04В 18/04, С10L 5/48, В03В 7/00; УДК [622+669].004 .82:504.	Офіційний бюлетень державного департаменту інтелектуальної власності «Промислова власність», 1998 – 2008 рр.	№1 1998 – №16 2008 р.	Збірник «Збагачення корисних копалин» №1 (42) 1998 №38 (79) 2009

### В.2 Висновки про виконання регламенту пошуку

Пошук виконан згідно регламенту.

Зав. каф. ЗКК, наук. керів. НДР

проф. П.І. Пілов

Керівник ПЛВ

О.О. Філонова

## ДОВІДКА ПРО ПОШУК № 2

Завдання на проведення патентних досліджень №1 від 02.03.2009

ОГД: технології вилучення шкідливих домішок з індустріальної сировини

Номер, дата регламенту пошуку №1, 2009 р.

Початок пошуку 04.03.2009 Закінчення пошуку 25.05.2009

Таблиця В.1 Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Технології вилучення шкідливих домішок з індустріальної сировини	Україна	МПК В03С 1/00-1/10, В03С 9/00; УДК [622+669]. 004.82:504.	Офіційний бюлетень державного департаменту інтелектуальної власності «Промислова власність», 1997 – 2008 рр.	№1 1997 – №16 2008 р.	Збірник «Збагачення корисних копалин» №1 (42) 1998 №38 (79) 2009

## В.2 Висновки про виконання регламенту пошуку

Пошук виконано згідно регламенту.

Зав. каф. ЗКК, наук. керів. НДР

Керівник ПЛВ

проф. П.І. Пілов

О.О. Філонова

## ДОВІДКА ПРО ПОШУК № 3

Завдання на проведення патентних досліджень №1 від 02.03.2009 р.

ОГД: технологічні схеми та обладнання для переробки промислових відходів

Номер, дата регламенту пошуку № 3, 2009 р.

Початок пошуку 04.03.09 р. Закінчення пошуку 25.05.09 р.

Таблиця В.2 Джерела інформації, які використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Технологічні схеми та обладнання для переробки промислових відходів (металургійні шлаки)	Україна	МНК В03С 1\00-1\035 УДК 622.7; 662.78; 622.731	Офіційний бюлетень державного департаменту інтелектуальної власності «Промислова власність», 1999 – 2010 рр.	№1 1999 – №6 2010 р.	Збірник «Збагачення корисних копалин» №13 (54) –43 (84)

В.2 Висновки про виконання регламенту пошуку

Пошук виконан згідно регламенту.

Зав. каф. ЗКК, наук. керів. НДР

проф. П.І. Пілов

Керівник ПЛВ

О.О. Філонова



## РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № 1

Найменування теми: Наукове обґрунтування екологічно безпечних технологій переробки, вилучення та утилізації корисних компонентів з промислових та твердих побутових відходів.

Тема: ГП – 430

ОГД: технологія отримання твердого палива на основі збагачених вугільних шламів.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень – завдання №1 від 02 березня 2009 р.

Обґрунтування регламенту пошуку – визначення патентної ситуації.

Початок пошуку 04.03.2009 Закінчення пошуку 25.05.2009

Таблиця Б.1

Предмет пошуку (ОГД)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Технологія отримання твердого палива на основі збагачених вугільних шламів	Визначення патентоспроможності	Україна	УДК [622+669].004.82 :504; МНК В03В, В09В 1/00-5/06, С04В 18/04, С10L 5/48, В03В 7/00.	10 років	Офіційний бюлетень «Промислова власність», збірник «Збагачення корисних копалин»,

Зав. каф. ЗКК, наук. керів. НДР

проф. П.І. Пілов

Керівник ПЛВ

О.О. Філонова

## РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № 2

Найменування теми: Наукове обґрунтування екологічно безпечних технологій переробки, вилучення та утилізації корисних компонентів з промислових та твердих побутових відходів.

Тема: ГП – 430

ОГД: технології вилучення шкідливих домішок з індустріальної сировини.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень – завдання №1 від 02 березня 2009 р.

Обґрунтування регламенту пошуку – визначення патентної ситуації.

Початок пошуку 04.03.2009 Закінчення пошуку 25.05.2009

Таблиця Б.1

Предмет пошуку (ОГД)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Технології вилучення шкідливих домішок з індустріальної сировини	Визначення патентоспроможності	Україна	B03C 1/00-1/10, B03C 9/00; УДК [622+669]. 004.82:504.	10 років	Офіційний бюлетень «Промислова власність», збірник «Збагачення корисних копалин»,

Зав. каф. ЗКК, наук. керів. НДР, проф.

П.І. Пілов

Керівник ПЛВ

О.О. Філонова

## РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № 3

Найменування теми: Наукове обґрунтування екологічно безпечних технологій переробки, вилучення та утилізації корисних компонентів промислових та твердих побутових відходів

Тема: ГП – 430

ОГД: технологічні схеми та обладнання для переробки промислових відходів

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень – завдання № 1 від 02 березня 2009 р.

Обґрунтування регламенту пошуку – визначення патентної ситуації.

Початок пошуку 04.03.09 р. Закінчення пошуку 30.11.10 р.

Таблиця Б.2

Предмет пошуку (ОГД)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
технологічні схеми та обладнання для переробки промислових відходів (металургійних шлаків)	Визначення патентоспроможності	Україна	УДК 622.7; 662.78; 622.731 МНК B03C 1\00-1\035	10 років	Офіційний бюлетень «Промислова власність», збірник «Збагачення корисних копалин»

Зав. каф. ЗКК, наук. керів. НДР, проф.

П.І. Пілов

Керівник ПЛВ

О.О. Філонова

## Форма Г.1.1 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо його діяльності
1	2	3
1. Технологія отримання твердого палива на основі збагачених вугільних шламів	45482 7B03B5/28 15.04.2002 C10B37/00 99084733 19.08.1999 Кривонос В.В., Дзекун С.М.; Гуртовнік П.Ф. та ін. ВАТ "Алчевський коксохімічний завод", Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут СПОСІБ ПІДГОТОВКИ ВУГІЛЬНОЇ ШИХТИ ІЗ ЗНИЖЕНИМ ВМІСТОМ ФЛОТОКОНЦЕНТРАТУ ДО КОКСУВАННЯ	Діє
	53346A (51) C04B26/00 15.01.2003 2002043690 (22) 30.04.2002 Момотов Ю.Л. СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ	Діє
	45524 7B09B3/00 17.05.2004 A01B79/02 C10G17/10 2000041887 04.04.2000 Гвоздевич О.В., Лизун С.О., Стефаник Ю.В. та ін. Інститут геології і геохімії горючих копалин АН України та Національної акціонерної компанії "Нафтогаз України", ТОВ науково-виробнича фірма "Сенс" СПОСІБ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА СУМІСНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ СМІТТЄЗВАЛИЩА І СТАВКОВОГО ГУДРОНАКОПИЧУВАЧА	Діє

Продовження форми Г.1.1		
1	2	3
2. Технології вилучення шкідливих домішок з індустріальної сировини	(11)15096, (22)29.03.93, (51)B03C1/025, (72) Туркенич О.М., Лапшин Є.С., Улубабов Р.С., Дудник В.І. (73) Науково-виробнича фірма "Магнітні та гідравлічні технології". (54) Спосіб безперервної магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів та пристрій для його здійснення.	Діє
	(11)4064, (22)08.09.2004, (51) 7 B03C1/00, B03C1/26 (72) Погорелов С.С., Рижов В.Л., Чугунов Ю.Д., Сущенков Ю.Є. (73) Товариство з обмеженою відповідальністю "Науково-виробниче підприємство "Укркотехнологія" (54) МАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР	Діє
	(11)24726, (22)16.03.2007, (51) МПК (2006) B03C1/00 (72) Лозін А.А., Арсенюк В.М., Нітяговський В. та ін. (73) Науково-виробнича фірма "Продекологія". (54 СЕПАРАТОР) МАГНІТНИЙ ДВОКАСКАДНИЙ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ СУХИХ СИПКИХ СЛАБОМАГНІТНИХ РУД	Діє
3. Технологічні схеми та обладнання для переробки промислових відходів (металургійн. шлаків)	48914 B03 B 7\00 15.08.2002 2002043391 23.04.2002 Мовчан та ін. СПОСІБ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗОВМІСНОЇ СИРОВИНИ	Діє
	15495 B03 C 1\10 31.10.2005 200510250 17.07.2006 Мостика Ю.С. та ін. СПОСІБ МАГНІТНОЇ СЕПАРАЦІЇ	Діє

Продовження форми Г.1.1		
1	2	3
	51596 В03С 1\08, 15.11.2002 2002086867 20.08.2002 Гілунг В.Ф. та ін. ТОВ “Укрекологія” БАРАБАННИЙ МАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР	Діє

Форма Г.1.4 Техніко-економічні показники ОГД та об'єктів аналогічного призначення

Найменування та одиниці виміру	Техніко-економічні показники			
	об'єкта за стандартом або технічними умовами	об'єкта-аналога (державна, фірма, організація, модель, рік освоєння)	ОГД	перспективного зразка
1	2	3	4	5
		[Спосіб брикетирования угля] Горная энциклопедия, Москва, изд-во «Советская энциклопедия», 1991, с. 285	Технологія отримання твердого палива на основі збагачених вугільних шламів	Технологія отримання твердого палива на основі збагачених вугільних шламів
Можливість огрудкування вихідної сировини в природних умовах		Відсутнє	Можливе огрудкування 95–98 % сировини (залежно від вологості)	Можливе огрудкування 95–98 % сировини
Енерговитрати на стадії сушіння		18–55% загальних енерговитрат	Відсутнє	Відсутнє
		Svoboda I. Magnetic Methods for the Treatment of Minerals, Elsevier Science Publishers B.Y., Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo, 1987.– с. 286	Технології вилучення шкідливих домішок з індустриальної сировини	Технології вилучення шкідливих домішок з індустриальної сировини
Вміст Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : – в кварцовій сировині – в пегматитах		0,025 0,2...0,1	0,025 0,15...0,05	0,025 0,15...0,05
Ступінь вилучення шкідливих домішок: – в кварцовій сировині – в пегматитах		6 20	8 25	8 25
		Ожогіна Є.Г., Рогожин А.А. Особливості	Технологічні схеми та барабанні	Технологічні схеми та барабанні сепаратори для переробки

		технологій переробки низькоякісних руд кольорових ,чорних металів та техногенної сировини Мат-ли міжн. наук.-техн. конф. “Наукові основи та практика розвідки і переробки руд та техногенної сировини”, Вид-во УДГА, 2003,м.Катеринбург С.43-47	сепаратори для переробки промислових відходів (металургійних шлаків)	промислових відходів (металургійних шлаків)	
Вміст Fe-Si-Mn у вилученій металевій фазі		87- 90,2	88,5-90,6	89-91,2	
Напруженість магнітного поля на поверхні барабану, Тл		0,45- 0,58	0,6-0,65	0,6-0,68	
Ефективність грохочення,%		70-73	74- 82	82-85	



Форма Г.1.5 Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності  
ОГД

ОГД, його складові частини		Прототип		Очікуваний результат	Можливості використання у промисловості або іншій сфері діяльності	Номер поданої заявки, дата подачі заявки
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак			
1	2	3	4	5	6	7
Технологія отримання твердого палива на основі збагачених вугільних шламів	1.Спосіб згрудкування мінеральної сировини, що включає змішування її із зв'язуючим, що твердіє, який відрізняється тим, що як сировину вибирають лігніт при його природній вологості, а змішування ведуть зі зв'язуючим на основі негашеної вапна на повітрі до одержання однорідний пастоподібної маси й у такому стані суміш піддають формуванню. 2. Шихта на основі бурого вугілля, яка містить зв'язуючи, що твердіє, яка відрізняється тим, що як зв'язуючи вона містить негашене вапно з рідким склом з таким співвідношенням компонентів, мас. %: лігніт 90-98 негаш. вап. 5-1 рід. скло 5-1	Способ окомкования минерального сырья и шихта на основе бурого угля. Горная энциклопедия, Москва, изд-во «Советская энциклопедия», 1991, с. 285	Способ брикетирования угля, включающий сушку, смешивание со связующим, которое затвердевает, в паровом смесителе при t°=100-150 С°, охлаждение на 20°С, прессование под давлением, охлаждение готового продукта. Шихта на основе бурого угля и связующего, которое затвердевает	Отримання нових технологій та модулів збагачення вугільних шламів та отримання твердого палива (отримання гранул з заданими характеристиками)	Технологічні схеми переробки бурого вугілля, торфа; технологічні лінії та модульні пересувні комплекси утилізації промислових відходів	200009534 від 15.09.2000 патент України №38747А від 15.03.2005

## Продовження форми Г.1.5

1	2	3	4	5	6	7
Технології вилучення шкідливих домішок з індустриальної сировини	Спосіб сухої магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів, що включає подачу матеріалу, який збагачується, в магнітне поле, яке створюється магнітним обертовим роликом навколо горизонтальної осі, утримання магнітних зерен в магнітному полі під дією магнітної сили, яка спрямована до поверхні ролика, виведення немагнітних зерен з магнітного поля під дією сили тяжіння в немагнітний продукт сепарації, виведення магнітних зерен в магнітний продукт сепарації	Svoboda I. Magnetic Methods for the Treatment of Minerals, Elsevier Science Publishers B.Y., Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo, 1987.– с. 286	Спосіб сухої магнітної сепарації, що включає подачу матеріалу, який збагачується, на горизонтальну стрічку, яка огинає ролик, набраний з постійних магнітів, що створює магнітне поле всій довжині кола ролика, притягнення магнітних зерен до поверхні стрічки під дією магнітної сили, виведення немагнітних зерен з магнітного поля під дією сили тяжіння в немагнітний продукт сепарації, виведення магнітних зерен стрічкою, яка рухається, із магнітного поля ролика, де вони під дією сили тяжіння видаляються в магнітний продукт сепарації	Створюються умови для вилучення магнітного матеріалу, що розташований безпосередньо на поверхні ролика за допомогою електростатичних сил, які створюються за допомогою електродів	Доцільне для використання при вилученні залізозміщуючих домішок в кварцовій, полевошпатовій сировини	(11) 79318 (51) МПК (2006) B03C 1/10 (2007.01) B03C 9/00 (72) Туркеніч О.М. (UA) (54) Спосіб сухої магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів з електричним зніманням магнітного продукту і пристрій для його здійснення

Форма Г.2.4 Аналіз можливості застосування в ОГД відомих об'єктів промислової власності

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності (бібліографічні дані)	Суть об'єкта промислової власності	Очікуваний результат від застосування
1	2	3	4
Технологія отримання твердого палива на основі збагачених вугільних шламів	Патент України №38747 7С10L5/12, 5/14 від 15.03.2005 Пілов П.І., Бондаренко В.І. та ін.	Спосіб згрудкування мінеральної сировини, що включає змішування її із зв'язуючим, що твердіє, який відрізняється тим, що як сировину вибирають лігніт при його природній вологості, а змішування ведуть зі зв'язуючим на основі негашеної вапна на повітрі до одержання однорідний пастоподібної маси й у такому стані суміш піддають формуванню. Шихта на основі бурого вугілля, яка містить зв'язуючи, що твердіє, яка відрізняється тим, що як зв'язуючи вона містить негашене вапно з рідким склом з таким співвідношенням компонентів, мас. % лігніт 90-98 негаш. вап. 5-1 рід. скло 5-1	Отримання екологічно безпечних технологій утилізації промислових відходів
	Патент України №65923А 7С10L5/12, від 15.04.2004 Пілов П.І., Бондаренко В.І. та ін.	Спосіб згрудкування твердого палива органічного походження, що включає змішування дрібного палива із зв'язуючим з отверджувачем, формування шихти, який відрізняється тим, що змішування ведуть із зв'язуючим на основі тонко дисперсної фракції органічного походження до одержання в'язкопластичного стану шихти і у такому стані шихту піддають формуванню Шихта, що включає дрібне паливо органічного походження, зв'язуюче із отверджувачем, яка відрізняється тим, що як дрібне паливо має зернисту фракцію кам'яного вугілля, а як зв'язуюче містить тонко дисперсну фракцію органічного походження – буре вугілля або мулисту фракцію кам'яного вугілля, з таким співвідношенням компонентів, мас. %: зерниста фракція кам'яного вугілля 30-50; тонко дисперсна фракція органічного походження (буре вугілля або мулиста фракція кам'яного вугілля) 54,5-69,2; отверджувач (гашене або негашене вапно, цемент) 0,8-2,2	Отримання екологічно безпечних технологій утилізації промислових відходів

Продовження форми Г.2.4			
1	2	3	4
Технології вилучення шкідливих домішок з індустриальної сировини	(11) 61098 (51) B03C1/10 (22) 01.09.1999 (72) Туркеніч Раїса Іванівна	<p>1. Спосіб безперервної магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів, що включає подачу призначеного для збагачування матеріалу до поділених зазорами подовжніх феромагнітних тіл вище їх поздовжніх похилих кромки, які мають криволінійний профіль у поперечному перерізі та спільну площину, що їх дотикається, орієнтовану під прямим кутом до напрямку магнітного поля, вилучення немагнітних часток униз крізь зазори між феромагнітними тілами; вилучення магнітних часток до магнітного продукту сепарації, <b>який відрізняється тим, що</b> подачу призначеного для збагачування матеріалу та подальше його переміщення виконують в напрямку до місця вилучення магнітних часток в магнітний продукт сепарації паралельно подовжнім похилим кромкам подовжніх феромагнітних тіл, що мають криволінійний профіль у поперечному перерізі, які розміщені під кутом <math>30 \pm 10^0</math> до вертикалі.</p> <p>2. Спосіб за п. 1, <b>який відрізняється тим, що</b> при мокрому збагаченні здійснюють подачу води у контакт з потоком призначеного для збагачення матеріалу нижче поздовжніх похилих кромки і за її допомогою переміщують немагнітні частки до немагнітного продукту сепарації.</p> <p>3. Прилад для здійснення способу безперервної магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів, який складається з магнітної системи з полюсними наконечниками; встановлених між ними принаймні двох подовжніх паралельних розташованих відносно одне одного з зазорами, що дотримуються за допомогою дистанційних прокладок, похилих феромагнітних тіл, поздовжні похилі кромки яких виконані з криволінійним профілем у поперечному перерізі та мають загальну площину, що їх дотикається, орієнтовану під прямим кутом до напрямку магнітного поля; пристрою для подачі призначеного для збагачування матеріалу, який розміщено вище поздовжніх похилих кромки феромагнітних тіл, що мають криволінійний профіль у поперечному перерізі, пристроїв для відведення немагнітного і магнітного продуктів сепарації, <b>який відрізняється тим, що</b> всі поздовжні твірні внутрішньої поверхні зазорів розташовані паралельно подовжнім похилим кромкам феромагнітних тіл під</p>	Використання технічних рішень доцільно в поєднанні з новими технічними рішеннями (НОУ-ХАУ) за НДР ГП-430

## Продовження форми Г.2.4

1	2	3	4
		кутом $30 \pm 10^0$ до вертикалі. 4. Прилад за п. 3, <b>який відрізняється тим, що</b> при виконанні процесу мокрого збагачення пристрій для подачі води розміщено нижче подовжніх похилих кромок феромагнітних тіл.	
	(11) 79318 (51) МПК (2006) B03C 1/10 (2007.01) B03C 9/00 (22) 22.04.2005 (72) Туркеніч О.М. (UA)	<p>1. Спосіб сухої магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів, що включає подачу матеріалу, який збагачується, в магнітне поле, яке створюється магнітним обертовим роликом навколо горизонтальної осі, утримання магнітних зерен в магнітному полі під дією магнітної сили, яка спрямована до поверхні ролика, виведення немагнітних зерен з магнітного поля під дією сили тяжіння в немагнітний продукт сепарації, виведення магнітних зерен в магнітний продукт сепарації, <b>який відрізняється</b> тим, що подачу матеріалу, що збагачується, здійснюють безпосередньо на поверхню магнітного ролика, який є електропровідним, а для забезпечення відриву магнітних зерен від ролика і їх подальшого виведення в магнітний продукт, створюють за межами зони виведення немагнітних зерен електричне поле між магнітним роликом і немагнітним електродом, зерна від поверхні ролика, більше магнітної сили, що притискує ці зерна до поверхні ролика.</p> <p>2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що параметри магнітного зерна, параметри магнітного і електричного полів, при яких забезпечується відрив зерна від магнітного ролика, задовольняють нерівність</p> $\frac{3\varepsilon_0}{r\rho} E^2 > \chi\mu_0 HgrH$ <p>де <math>\chi, \rho, r</math> – питома магнітна сприйнятливість, густина і радіус зерна; <math>H, grH</math> – напруженість і градієнт напруженості магнітного поля у поверхні ролика; <math>E</math> – напруженість електричного поля у поверхні ролика; <math>\varepsilon_0, \mu_0</math> – діелектрична і магнітна проникності вакууму.</p> <p>3. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що напруженість електричного поля, яка створюється у поверхні магнітного ролика в зоні відриву від нього магнітних зерен, більше 1 кіловольта на метр.</p> <p>4. пристрій для сухої магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів, що включає набраний з постійних магнітів ролик з горизонтальною віссю обертання, живильник для подачі матеріалу, що збагачується, пристрої для прийому немагнітного і магнітного продуктів сепарації і джерело живлення, який відрізняється тим, що ролик є</p>	Зменшення залізовміщуючих домішок в кінцевому продукті в 1,2...1,5 рази більше, ніж за існуючими технологіями

## Продовження форми Г.2.4

1	2	3	4
Технологічні схеми переробки промислових відходів (металургійних шлаків)	(11) 15493 (51)B03 C 1\10 (22) 17.07. 2005 (72) Мостика Ю.С., Шутов В.Ю., Соседка В.Л., Мостика А.Ю,	Спосіб магнітної сепарації, який включає подачу первинного матеріалу на поверхню обертового барабану сепаратора, переміщення первинного матеріалу в сталому магнітному полі обертовим барабаном, відділення немагнітних частинок барабаном до місця вивантаження, який відрізняється тим, що барабан сепаратора обертають з пульсацією частоти обертання.	Підвищення ступіню вилучення корисних компонентів з металургійних шлаків
вібраційний збуджувач	(11) 70116 (51)B03 C 1\10 (22) 26.12. 2003 (72) Мостика Ю.С., Шутов В.Ю., Савлук С.В., Мостика А.Ю	1. Вібраційний збуджувач, який містить два паралельних привідних вали, що встановлені в підшипниках в корпусі і мають дебаланси, який відрізняється тим, що корпус виконаний з знімних двох втулок, верхньої і нижньої частин з гніздами, які охоплюють втулки і скріплені шпильками, при цьому в кожній втулці встановлені підшипники, в яких розміщений один з привідних валів. 2. Вібраційний збуджувач за п. 1., який відрізняється тим, що верхня і нижня частини корпусу виконані з ребрами, а гнізда виконані на ребрах.	Підвищення ефективності грохочення промислових відходів до 82 %
магнітний валковий сепаратор	(11) 31671 (51)B03 C 1\00 (22) 05.06. 2007 (72) Мостика Ю.С., Шутов В.Ю., Мостика А.Ю	Магнітний валковий сепаратор, що містить живильник, приймачі немагнітних і магнітних часток, обертовий валок з виступами і западинами на зовнішній поверхні, блок намагнічування, який має полюсний наконечник, що встановлений з проміжком відносно валка, який відрізняється тим, що блок намагнічування обладнаний постійними магнітами, що примикають однаковим полюсом до полюсного наконечнику з боку, який протилежний від його поверхні, що обернена до валка, при цьому протилежні полюси магнітів приєднані до магнітопроводу, а сумарна площа зіткнення магнітів з полюсним наконечником не менше площі полюсного наконечника, що обернена до валка. 2. Магнітний валковий сепаратор за п.1, який відрізняється тим, що на полюсному наконечнику і магнітопроводі виконані канали для підведення охолоджувальної рідини. 3. Магнітний валковий сепаратор за п.1, який відрізняється тим, що валок і блок намагнічування встановлені з можливістю регульованого змінення проміжку між валком і полюсним наконечником в радіальному напрямку валка.	Застосування екологічно-безпечних технологій переробки та збагачення техногенної сировини

## Продовження форми Г.2.4

1	2	3	4
Магнітний сепаратор	(11) 32106 (51)B03 C 1\00 (22) 26.10. 2007 (72) Мостика Ю.С., Шутов В.Ю., Мостика А.Ю	<p>Магнітний сепаратор., що містить обертовий немагнітний барабан з внутрішньою магнітною системою, бункер подачі первинного матеріалу, навантажувальне сковзало, що розташоване нижче бункера і обернене кінцем біля барабана вздовж напрямку обертання барабана, а з протилежного боку виконане з вертикальною стінкою, приймачі немагнітних і магнітних частинок, який відрізняється тим, що обладнаний проміжним похилим сковзалом, яке своїм нижнім кінцем розташоване з проміжком відносно вертикальної стінки навантажувального сковзала і встановлене з можливістю регульовального зміщення , при цьому бункер подачі первинного матеріалу своїм випускним отвором розташований над проміжним похилим сковзалом.</p> <p>2. Магнітний сепаратор за п.1 , який відрізняється тим, що проміжне похиле сковзало встановлене з можливістю регульовального вертикального зміщення за допомогою рамки , що розміщена в вертикальних напрямних і обладнана стопорами.</p>	Підвищення ступіню вилучення металевих включень на підготовчих та кінцевих стадіях збагачення металургійних шлаків

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник голови ради з наукового напрямку  
"Прогресивні технології видобутку і  
переробки корисних копалин"

\_\_\_\_\_ д-р техн. наук, професор,

В.І. Бондаренко

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2010 р.

## ДОВІДКА №1

про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР

ГП – 430

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ПЕРЕРОБКИ, ВИЛУЧЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ КОРИСНИХ КОМПОНЕНТІВ З  
ПРОМИСЛОВИХ ТА ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

ОГД – Технологія отримання твердого палива на основі збагачених вугільних шламів, технологія вилучення шкідливих домішок з індустріальної сировини.

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Найменування та одиниця виміру	Значення техніко-економічних показників	
	кращого аналога	розробленого об'єкту
Можливість огрудкування сировини в природних умовах	Відсутнє	95 – 98% (залежно від вологості)
Енерговитрати на стадії сушіння	18 – 55% загальних енерговитрат	Відсутнє
Вміст Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : – в кварцовій сировині – в пегматитах	0,025 0,2...0,1	0,025 0,15...0,05
Ступінь вилучення шкідливих домішок: – в кварцовій сировині – в пегматитах	6 20	8 25

Патент України № 38747 7С10L5/12, 5/14 від 15. 03. 2005 р.  
«Спосіб згрудкування мінеральної сировини і шихти на основі бурого вугілля»  
Пілов П.І., Бондаренко В.І., Бугайов І.В. та ін.

Патент України №65923А 7С10L5/12 від 15.04.2004 р.  
«Спосіб згрудкування твердого палива органічного походження та шихта» Пілов  
П.І. та ін.

Патент України №68251А 7В30В11/22, 11/24 від 15.07.2004 р.



«Установка для брикетування матеріалів» Пілов П.І. та ін.

Патент України №61098 В03С 1/10 від 01.09.1999 р.

«Спосіб безперервної магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів та пристрій для його здійснення» Туркеніч Р.І.

Патент України №79318 В03С 1/10 (2007.01) В03С 9/00 від 11.06.2007 р.

«Спосіб сухої магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів з електричним зніманням магнітного продукту і пристрій для його здійснення» Туркеніч О.М..

Відомості НОУ-ХАУ містять методику вибору технологічних параметрів.

#### ЗАГАЛЬНА ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ НДР

Науково технічний рівень результатів НДР перевищує рівень кращих аналогів, що відомі.

Керівник ПЛВ

Керівник НДР

О.О. Філонова

П.І. Пілов

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник голови ради з наукового напрямку  
"Прогресивні технології видобутку і  
переробки корисних копалин"

\_\_\_\_\_ д-р техн. наук, професор,

В.І. Бондаренко

"\_\_" \_\_\_\_\_ 2010 р.

## ДОВІДКА № 2

про оцінку науково-технічного рівня результатів НДР

ГП – 430

Наукове обґрунтування екологічно безпечних технологій переробки, вилучення та утилізації корисних компонентів промислових та твердих побутових відходів.

ОГД – Технологічні схеми та обладнання для переробки промислових відходів  
(металургійних шлаків)

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Найменування та одиниця виміру	Значення техніко-економічних показників	
	кращого аналога	розробленого об'єкту
Вміст Fe-Si-Mn у вилученій металевій фазі	87- 90,2	88,5-90,6
Напруженість магнітного поля на поверхні барабану, Тл	0,45-0,58	0,6- 0,65
Ефективність грохочення,%	70-73	74-82

Патент України № 15493 В03С 1/10 від 17.07.2006 р.  
«Спосіб магнітної сепарації» Мостика Ю.С. та ін.

Патент України № 31671 В03С 1/00 від 25.04.2008 р.  
«Магнітний валковий сепаратор» Мостика Ю.С. та ін.

Патент України № 32106 В03С 1/00 від 12.05.2008 р.  
«Магнітний сепаратор» Мостика Ю.С. та ін.

Відомості НОУ-ХАУ містять технічні рішення (послідовність виконання технологічних процесів, застосування сепараторів з сильними магнітними полями, використання процесу класифікації на удосконалених конструкціях вібраційних грохотів та спеціальних армованих гумових сит, що резонують), а також технологічні параметри для переробки металургійних шлаків (питоме навантаження на одиницю обладнання, , індукція магнітного поля і т.і.)

## ЗАГАЛЬНА ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ НДР

Науково технічний рівень результатів НДР перевищує рівень кращих аналогів, що відомі.

Керівник ПЛВ

О.О. Філонова

Керівник НДР

П.І. Пілов

## ВИСНОВКИ

У роботі експериментально доведено, що на основі винаходу за патентами України № 38747, №65923А, №68251А, №61098, №79318, №15493, №31671, № 32106 можуть бути розроблені нові ефективні технології та модульні пересувні комплекси для утилізації промислових і техногенних органічних відходів і вдосконалені існуючі технологічні схеми переробки бурого вугілля, торфу, вилучення залізовміщуючих домішок з пегматитів, кварцової сировини і ін.

Зроблено теоретичні та експериментальні дослідження, які спрямовані на встановлення оптимальних схем одержання твердого палива на основі збагачених вугільних шлаків.

Розроблені варіанти технологічних схем для вилучення корисних компонентів з промислових відходів, зокрема шлаків металургійного виробництва. При збагаченні шлаків феросплавного виробництва отримані концентрати з вмістом металу на рівні 65...94 % при виході концентрату до 7%. Розроблені технологічні схеми переробки шлаків чорної металургії дозволяють отримувати концентрати з їх виходом на рівні 23% та вище при вмісті металу у межах 57...85%.

Розроблені технологічні схеми для переробки шлаків містять нові патентноспроможні рішення. Використання цих рішень дозволить отримувати концентрати феросилікомарганцю з вмістом Fe-Si-Mn у металевій фазі на рівні 90,6%. Ці техніко-економічні показники недосяжні при використанні відомих технічних рішень у галузі переробки та магнітного збагачення техногенної сировини.

Розроблені деякі технічні рішення (послідовність виконання технологічних процесів, застосування сепараторів з сильними магнітними полями, використання процесу класифікації на удосконалених конструкціях вібраційних грохотів та спеціальних армованих гумових сит, що резонують), а також технологічні параметри для переробки металургійних шлаків (питоме навантаження на одиницю обладнання, індукція магнітного поля і т.ін.) є патентноспроможними і на даному етапі НДР складають відомості НОУ-ХАУ.

Науково дослідна робота перевищує рівень аналогів, що відомі в Україні.

## ДОДАТОК А.1

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи НГУ

О.С. Бешта

"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2009р.

**Завдання №1**

на проведення патентних досліджень

по темі ГП-430 "Наукове обґрунтування екологічно безпечних технологій переробки, вилучення та утилізації корисних компонентів з промислових та твердих побутових відходів"

Етап: "Системний аналіз сучасних технологій переробки твердих побутових, промислових відходів, їх кількісно-якісних характеристик та збагачуваності.

Вибір раціональних типів сепараторів для сухого збагачення ільменіт-сидеритових, цирконових і гранатвміщуючих руд та відходів в сильних магнітних полях"

Мета патентних досліджень: патентні ситуації відносно об'єкту господарчої діяльності – технологій переробки вилучення та утилізації корисних компонентів з промислових та твердих побутових відходів.

Таблиця А.1 Види робіт при проведенні патентних досліджень та виконавці:

Види робіт	Підрозділи-виконавці	Відповідальні виконавці (П.І.П.)	Строки виконання робіт	Звітний документ
1	2	3	4	5
1.Визначення патентоспроможності	Каф. ЗКК, каф. Екології	Кабакова Н.Г. Шутов В.Ю. Шатова Л.А. Левченко К.А.	IV квартал 2009 р.	Довідка про пошук Форма Г 1.1
1.1.Аналіз техніко-економічних показників			III – IV квартал 2009 р.	Форма Г 1.4
1.2.Виявлення новизни та винахідницького рівня			I – II квартал 2010 р.	Форма Г 1.5
2.Визначення ситуації відносно використання прав на об'єкти промислової власності			I – II квартал 2010 р.	Г 2.4
3.Визначення науково-технічного рівня ОГД			III – IV квартал 2010 р.	Довідка про НТР, звіт про патентні дослідження

Зав. каф. ЗКК,  
наук. керів. НДР

проф. П.І. Пілов

Керівник ПЛВ

О.О. Філонова

## Додаток Б

ЗАО «КРЫМСКИЙ ТИТАН»  
 Филиал «Вольногорский горно-металлургический комбинат»



УТВЕРЖДАЮ  
 Главный инженер ВГМК  
 Лазников А.М.

«15» мая 2009 г.

АКТ № \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » май 2009 г.

г. Вольногорск

### Результаты испытаний магнитного роликового сепаратора РСТ.00.000 в схеме доводки цирконового концентрата

Исследовательской лабораторией обогащения ЦЗЛ продолжены испытания магнитного роликового сепаратора РСТ.00.000 производства НПФ «Магнитные и гидравлические технологии» на различных переделах отделения доводки ОП. После завершения испытаний в схеме получения стекольного песка, сепаратор был перенесен в узел перечистки промпродуктов 2 ЭВС 36/100 № 17,18 схемы доводки цирконового концентрата (рис.1). Продуктами сепарации в данной операции являются: немагнитная фракция - готовый цирконовый концентрат и магнитная фракция, возвращаемая в голову процесса. В настоящее время в перечистой операции циркона работает валковый сепаратор марки 2 ВК 5В (ЭРМ-5).

В акте испытаний на кварцевом продукте № 4 от 2 июня 2008 года приведена техническая характеристика испытуемого сепаратора. В процессе испытаний в узле доводки цирконового концентрата в конструкцию и схему сепаратора были внесены изменения. В частности, был убран барабан, предназначенный для удаления зерен с повышенной магнитной восприимчивостью. Сепарация материала на первом этапе проводилась в два приема (оп. 1-4 табл. 1), затем - в один прием (оп. 5-10 табл. 1).

Как отмечалось выше, исходным продуктом операции является промпродукт 2 ЭВС 36/100 (техн. № 17,18.), в котором содержится циркона - 97,5-98,5%, рутила+лейкоксена - 0,05-0,15%, ильменита - 0,07-0,1%, дистена+силлиманита - 1,0-3,0% ставролита+турмалина - 0,1-0,7%. Перечистная операция промпродукта основной магнитной сепарации позволяет выделить магнитные ильменит, ставролит, турмалин, а также ожелезненные минеральные зерна немагнитных минералов в магнитный продукт и получить в немагнитной фракции вторую часть цирконового концентрата.

Всего в перечистную операцию поступает около 3-3,5 т/ч цирконового продукта. Данная нагрузка была принята в качестве удельной на 1 м погонный. С учетом длины рабочей зоны ролика - 670 мм, сепаратор был испытан на нагрузке 2 т/ч.

Было проведено 11 зачетных опытов продолжительностью в одну смену каждый. Один раз в час в течение смены осуществлялись количественные замеры, через 15 минут - качественный отбор продуктов сепарации. В отобранных пробах анализировался их минералогический состав, помимо этого - в немагнитной фракции определялось содержание основного и примесных оксидов. Анализы продуктов выполнены в ЦЗЛ комбината.

В табл.1 приведены результаты испытаний сепаратора РСТ.00.000 на перечистке цирконового продукта.

Параллельно с испытаниями сепаратора РСТ. было проведено обследование существующей на ОП схемы магнитной сепарации цирконового продукта. Результаты обследования приведены в табл. 2.

В табл. 3 и 4 показаны средневзвешенные результаты испытаний сепаратора РСТ.00.000 и существующей схемы доводки концентрата.

Представленные данные показывают, что качество немагнитной фракции, полученной на сепараторе РСТ, удовлетворяет необходимым требованиям. Сравнительный анализ работы сепараторов РСТ и 2ВК 5В показал, что при одинаковых качественных показателях, выход магнитной фракции в операции на РСТ - 2,9% (оп. 1-4), на 2ВК 5В соответственно - 0,8 %; извлечение циркона в концентрат на 2 ВК - 99,3%, на РСТ - 97,2%. Очевидно, что при более высокой индукции магнитного поля на РСТ, происходит захват слабомагнитных частиц циркона и пр. Для снижения выхода магнитной фракции, в опытах 5-10 сепарация была проведена в один прием. Ниже показаны средневзвешенные результаты сепарации в один прием цирконового продукта на РСТ и действующем в схеме, сепараторе марки 2ВК 5В.

	Выход,%	Извлечение в операции, %				
		Ц	Р+Л	И	Д-С	Ст+Т
<b>РСТ( оп.5-10)</b>						
Магн. фр-я	1,4	1,2	2,3	100,0	1,5	44,5
Цирконовый к-т	98,6	98,8	97,7	-	98,5	55,5
<b>2 ВК 5В</b>						
Магн. фр-я	0,8	0,7	0,4	100,0	2,0	43,4
Цирконовый к-т	99,2	99,3	99,6	-	98,0	56,6

#### Выводы и рекомендации

1. Магнитный сепаратор марки РСТ.00.000 установлен в схеме доводки цирконового концентрата в перечистой операции. Исходным питанием сепаратора является промпродукт основных сепараторов марки 2 ЭВС 36/100. Продукты сепарации - вторая часть готового цирконового концентрата и магнитный продукт, возвращаемый в голову процесса.

2. В питании сепаратора основным компонентом является циркон, содержание которого составляет 97,5-98,5%. Примесные минералы - рутил+лейкоксен - 0,1-0,15%, ильменит - 0,07-0,1%, дистен-силлиманит - 1,0-3,0%, ставролит+турмалин - 0,1-0,7%. В перечистой операции удаляются магнитные: ильменит, ставролит, турмалин, а также железистые минеральные зерна немагнитных минералов.

3. В результате испытаний, проведенных в течение 11-ти рабочих смен, установлено, что сепаратор РСТ.00.000 позволяет снизить содержание магнитных примесей до необходимых значений. Полученный на сепараторе РСТ цирконовый концентрат, в среднем, содержит: циркона 97,6%, рутила+лейкосена 0,08%, ильменита - нет, дистена-силлиманита 1,91%, ставролита+турмалина 0,16 %. Выход немагнитной фракции в операции, в среднем, составил 98,6%. Средневзвешенное содержание  $Fe_2O_3$  в концентрате, носителем которого являются, в основном, магнитные минералы - 0,077%;  $TiO_2$  - 0.16%. Массовая доля оксида циркона ниже технических требований - 64,3%, что связано с высоким содержанием немагнитного дистена-силлиманита в питании сепарации (в среднем, 1,91%).

4. Сравнительный анализ работы сепараторов РСТ и 2ВК показал, что на испытуемом сепараторе, вследствие повышенной индукции магнитного поля, происходит захват частиц с

низкой магнитной восприимчивостью, что приводит к снижению извлечения циркона в готовый концентрат, в среднем, на 0,5 % от операции.

5. Удельная нагрузка на рабочую зону сепаратора составила 3 т/ч м пог.

6. При условии оптимизации величины индукции в магнитной системе, сепаратор РСТ.00.000 может быть установлен в схеме доводки цирконового концентрата, однако его использование существенно не улучшит показатели сепарации.

Акт содержит страниц 9 , 4 таблицы, 1 рисунок.

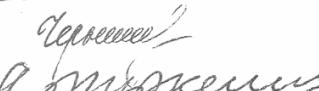
Главный обогатитель ВГМК  В.П. Краснопер

Директор ОП  В.Д. Шурыгин

Начальник ЦЗЛ  И.С. Мазный

Начальник тех. отдела ОП  И.В. Самофал

Нач-к участка доводки ОП  А.Я. Бекедов

/ Начальник НИЛ(ОП) ЦЗЛ  В.Н. Токарева

Проф. кафедры ОПИ НГУ  А.М. Туркенич



**Перечистная магнитная  
сепарация РСТ (2ВК)**

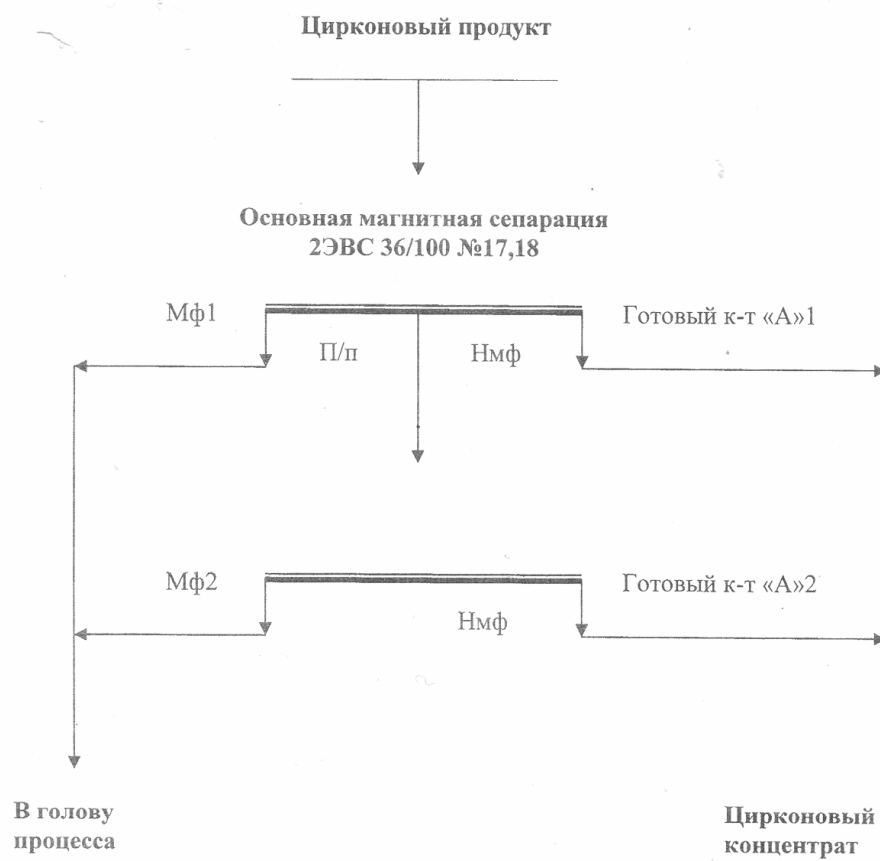


Рис.1 Схема магнитной сепарации цирконового продукта

Таблица 1 Результаты испытаний сепаратора РСТ в схеме доводки цирконового концентрата

№ опыта продукт	Выход,		Массовая доля, %											Извлечение, %					
	т/ч	%	ц	р	и	д	ст	т	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	ц	р	и	д	ст	т
<b>Оп 1</b>																			
Магн. фр.	0,04	1,7	91,92	0,77	0,21	2,09	2,68	0,48						1,6	11,0		1,3	сл.	сл.
Нм. фр.- Гот.к-т "А"	2,088	98,3	97,11	0,11	-	2,76	-	-	64,3	0,19	0,075	2,02	32,7	98,4	89,0	-	98,7	-	-
<b>Исх.- п/п ЭВС №17</b>	2,125	100,0	97,02	0,12	сл.	2,75	0,05	0,01						100,0	100,0	сл.	100,0	сл.	сл.
<b>Оп 2</b>																			
Магн. фр.	0,03	1,7	95,01	0,02	0,05	0,64	3,36	0,3						1,7	0,3	сл.	0,9	сл.	сл.
Нм. фр.- Гот.к-т "А"	1,928	98,3	98,63	0,12	-	1,24	-	-	64,6	0,15	0,053	1,40	32,9	98,3	99,7	-	99,1	-	-
<b>Исх.- п/п ЭВС №17</b>	1,962	100,0	98,57	0,12	сл.	1,23	0,06	0,01						100,0	100,0	сл.	100,0	сл.	сл.
<b>Оп 3</b>																			
Магн. фр.	0,086	4,0	96,70	0,22	0,04	1,52	1,42	0,07						3,9	3,5	сл.	4,8	49,5	12,7
Нм. фр.- Гот.к-т "А"	2,077	96,0	98,41	0,25	сл.	1,26	0,06	0,02	63,9		0,065	2,19	31,8	96,1	96,5	-	95,2	50,5	87,3
<b>Исх.- п/п ЭВС №17</b>	2,163	100,0	98,34	0,25	сл.	1,27	0,11	0,02						100,0	100,0	сл.	100,0	100,0	100,0
<b>Оп 4</b>																			
Магн. фр.	0,094	4,7	96,99	0,05	0,01	1,44	1,24	0,11						4,7	сл.	сл.	5,4	60,6	сл.
Нм. фр.- Гот.к-т "А"	1,894	95,3	98,70	-	-	1,26	0,04	-	63,7	0,12	0,054	2,0	33,0	95,3	-	-	94,6	39,4	-
<b>Исх.- п/п ЭВС №17</b>	2,0	100,0	98,62	сл.	сл.	1,27	0,10	0,01						100,0	сл.	сл.	100,0	100,0	сл.
<b>Оп 5 (1 переч.)</b>																			
Магн. фр.	0,02	1,0	92,94	0,02	0,02	0,64	4,12	0,22						1,0	0,3	2,9	0,8	сл.	7,1
Нм. фр.- Гот.к-т "А"	1,92	99,0	99,01	0,07	0,007	0,85	-	0,03	66,0	0,12	0,045	0,76	32,5	99,1	99,7	97,1	99,3	-	92,9
<b>Исх.- п/п ЭВС №17</b>	1,94	100,0	98,95	0,07	0,01	0,85	0,04	0,03						100,0	100,0	100,0	100,0	сл.	100,0
<b>Оп 6 (1 переч.)</b>																			
Магн. фр.	0,03	1,5	89,32	0,10	0,04	0,80	7,36	0,32						1,4	1,2	сл.	1,3	74,0	11,0
Нм. фр.- Гот.к-т "А"	1,94	98,5	98,82	0,13	-	0,94	0,04	0,04	65,4	0,12	0,051	0,76	32,4	98,6	98,8	-	98,7	26,0	89,0
<b>Исх.- п/п ЭВС №17</b>	1,97	100,0	98,68	0,13	сл.	0,94	0,15	0,04						100,0	100,0	сл.	100,0	100,0	100,0
<b>Оп 7 (1 переч.)</b>																			
Магн. фр.	0,03	1,6	84,36	0,61	0,02	1,22	9,42	0,79						1,4	16,4	сл.	0,9	65,5	29,8
Нм. фр.- Гот.к-т "А"	1,86	98,4	97,65	0,05	-	2,14	0,08	0,03	64,9	0,14	0,073	1,69	31,2	98,6	83,6	-	99,1	34,5	70,2
<b>Исх.- п/п ЭВС №17</b>	1,89	100,0	97,44	0,06	сл.	2,13	0,23	0,04						100,0	100,0	сл.	100,0	100,0	100,0

Продолжение таблицы 1

№ опыта продукт	Выход,		Массовая доля, %										Извлечение, %						
	т/ч	%	ц	р	и	д	ст	т	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	ц	р	и	д	ст	т
<b>Оп 8(1 переч.)</b>																			
Магн. фр.	0,015	0,7	81,23	-	0,52	2,83	12,32	0,52						0,6	-	сл.	1,0	15,3	26,8
Нм. фр.- Гот.к-т "А"	2,04	99,33	97,44	0,07	сл.	1,98	0,48	0,01	63,7	0,2	0,1	2,64	33,1	99,4	сл.	-	99,0	84,7	73,2
<b>Исх.- п/п ЭВС №17</b>																			
	2,055	100,0	97,36	0,07	сл.	1,99	0,56	0,01						100,0	сл.	сл.	100,0	100,0	100,0
<b>Оп 9(1 переч.)</b>																			
Магн. фр.	0,025	1,4	81,03	-	0,03	2,91	12,62	0,6						1,2	-	сл.	1,3	59,9	29,9
Нм. фр.- Гот.к-т "А"	1,83	98,6	96,52	0,11	-	3,22	0,12	0,02	63,3	0,19	0,099	3,74	32,5	98,8	сл.	-	98,7	40,1	70,1
<b>Исх.- п/п ЭВС №17</b>																			
	1,8552	100,0	96,30	0,11	сл.	3,22	0,30	0,03						100,0	сл.	сл.	100,0	100,0	100,0
<b>Оп 10(1 переч.)</b>																			
Магн. фр.	0,0405	2,2	85,19	-	0,18	4,03	7,88	0,3						2,0	-	сл.	2,8	68,9	40,3
Нм. фр.- Гот.к-т "А"	1,836	97,8	96,00	0,06	-	3,2	0,08	0,01	62,6	0,2	0,098	3,92	32,4	98,0	сл.	-	97,2	31,1	59,7
<b>Исх.- п/п ЭВС №17</b>																			
	1,8765	100,0	95,76	0,06	сл.	3,22	0,25	0,02						100,0	сл.	сл.	100,0	100,0	100,0





## ДОДАТОК В

“Затверджую”

Директор НПФ МГТ

\_\_\_\_\_ Рудицький А.В.

\_\_\_\_\_ 2010 р.

## АКТ

про впровадження результатів НДР

ГП- 430 “Наукове обґрунтування екологічно безпечних технологій переробки, вилучення та утилізації корисних компонентів з промислових та твердих побутових відходів”.

Науково-виробнича фірма “Магнітні і гідравлічні технології” (МГТ) підтверджує, що результати науково дослідної роботи мають високе науково-практичне значення. Використання результатів роботи знизити вміст залізовміщуючих домішок в пегматитовій сировині до 0,05...0,027%, а в кварцовій сировині ВГЗК до 0,035...0,025%, що відповідає маркуванню скляного піску ВС 030 та ВС 040.

МГТ є власником патентів на “Спосіб безперервної магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів і сепаратор для його здійснення” та “Спосіб сухої магнітної сепарації слабомагнітних матеріалів з електричним зніманням магнітного продукту і пристрій для його здійснення”, на основі яких НГУ розроблені технічні рішення та режимні параметри процесу збагачення кварцової та пегматитової сировини, що дозволить зменшувати вміст слабомагнітних домішок.

МГТ приймає до впровадження розробки НГУ, що направлені на підвищення ефективності збагачення пегматитової та кварцової сировини та зобов’язується за наявності договорів з підприємствами залучати НГУ для участі у впровадженні з об’ємом фінансування 10% від суми власного договору.

Директор МГТ

Рудицький А.В.

## ДОДАТОК Г

Заступник директора  
ДП «УкрНДПРІпромтехнології»

\_\_\_\_\_ Кривчиков В.О.

“ 20 “ грудня 2010 р.

## АКТ

## впровадження результатів науково-дослідної роботи

**20.12. 2010 р.**

**м. Жовті Води**

від ДП «УкрНДПРІпромтехнології»

Масляков Г.О. – головний інженер

Кузьминський П.Д. – головний інженер проекту

від Національного гірничого університету

Мостика Ю.С. - керівник роботи, д.т.н.

Шутов В.Ю. – науковий співробітник

Ахметшина І.В. – інженер I кат.

В період з 11.05.2009 р. по 30.09.2010 р. виконана робота з дослідження збагачуваності лежалих відходів Мазуровського родовища. Дослідженнями, які були проведені в Національному гірничому університеті, визначена можливість отримання кондиційних польвошпатових концентратів відповідних марок згідно з ГОСТ 13451-77 із вмістом, % масс.

$Al_2O_3$  (не менш) – 20

$K_2O+Na_2O$  (не менш) – 12

$SiO_2$  (не більше) – 65

$Fe_2O_3$  (не більше) –  $0,25 \pm 0,05$

На основі результатів проведених досліджень було розроблено технологічні регламенти на виробництво польвошпатових концентратів, в яких розроблена технологічна схема та вибране основне технологічне обладнання, розроблені рекомендації з управління та автоматизації виробництва, визначені показники технологічного режиму.

Результати цих досліджень використані при виконанні робочого проекту «Организация производства полевошпатовой и редкометальной продукции. 1 етап.



Горнообогатительное производство по переработке лежалых хвостов Мазуровского месторождения мощностью 150 тыс.т в год».

**Від ДП «УкрНДПРІпромтехнології»:**

Масляков Г.О. – головний інженер

Кузьминський П.Д. – головний інженер проекту

**від Національного гірничого університету:**

Мостика Ю.С. - керівник роботи, д.т.н.

Шутов В.Ю. – науковий співробітник

Ахметшина І.В. – інженер I кат.

---

## ДОДАТОК Д

## ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ № 4

засідання кафедри збагачення корисних копалин НГУ

м. Дніпропетровськ

7 грудня 2010 р.

**ПРИСУТНІ:** зав. каф. Пілов П.І., професори: Младецький І.К., Полулях О.Д., Мостика Ю.С.; доценти: Цибулько Л.О., Левченко К.А., Березняк О.О., Гаєвий В.В., Лапицький В.М.; ст. н. с. Дементьєв В.В. та ін.

**СЛУХАЛИ:** повідомлення проф. П.І. Пілова, керівника теми ГП-430 " Наукове обґрунтування екологічно безпечних технологій переробки, вилучення та утилізації корисних компонентів з промислових та твердих побутових відходів".

**Питання задали:** доц. Березняк О.О., проф. Полулях О.Д.

**Виступили:** проф. Полулях О.Д., проф. Младецький І.К.

**УХВАЛИЛИ:**

1. Робота виконана у повному обсязі відповідно календарному плану і технічному завданню.

2. Робота відноситься до прикладних, має теоретичне та практичне значення і відповідає технічному рівню кращих вітчизняних та світових аналогів.

3. Отримано наступні наукові результати згідно тематики роботи:

– розроблені експериментальні зразки залізоуловлювача барабанного типу та грохоту з вібраційним збуджувачем для переробки твердих промислових та побутових відходів;

– розроблено експериментальний зразок підвісного магнітного залізівідокремлювача з постійними магнітами для транспортерної стрічки шириною 600 мм;

– розроблено експериментальний електродинамічний сепаратор на постійних магнітах для вилучення кольорових металів із твердих побутових відходів;

– розроблені варіанти технологічних схем збагачення вугільних шламів та отримання з них твердого палива. Розроблені схеми дозволяють знижувати не тільки зольність вугілля, але і вилучати з нього до 60% сірки загальної, а також від 45 до 85% ртуті, свинцю, миш'яку, ванадію, марганцю, вісмуту та інших особливо шкідливих та токсичних елементів;

– для отримання твердого палива на основі збагачених кам'яновугільних шламів і органічної складової твердих побутових відходів розроблені нові технологічні схеми та обладнання для огрудкування (з використанням апарату типу шнекового пресу), в основі яких покладено адгезійні та хімічні процеси, що мають місце у в'язко-пластичному середовищі, яке представляє собою суміш високодисперсних частинок кам'яновугільних шламів, бурого вугілля та твердих побутових відходів;

– розроблена технологія вилучення корисних компонентів з твердих побутових відходів (ТПВ), яка включає в себе стадії грохочення ТПВ, аеродинамічної, магнітної та електродинамічної сепарацій. Ця технологія дозволяє вилучити з ТПВ легку фракцію, яка включає в себе здебільше відходи паперу та поліетилену. Магнітна сепарація дозволяє вилучити біля 80% феромагнітних відходів. Електродинамічна сепарація дозволяє вилучити біля 70% кольорових металів, здебільше алюмінієвих відходів;

– розроблені варіанти технологічних схем збагачення відходів переробки пірохлор-цирконових руд та цирконових промпродуктів із застосуванням сепараторів з сильними магнітними полями. Кращі результати отримані при використанні надпровідникового магнітного сепаратора з індукцією понад 2,5 Тл (вихід корисних компонентів на рівні 91,4...94%) у порівнянні з валковим сепаратором (вихід корисних компонентів 72%);

– проведені іспити технологій та обладнання для вилучення корисних компонентів з твердих промислових відходів, зокрема металургійних шлаків. Вибір типу дробарок виконувався із розрахунку крупності шлаку, необхідної продуктивності, якості товарної продукції та наявності металевих включень;

– розроблені рекомендації по використанню сепараторів відповідних типів для переробки і вилучення корисних компонентів з промислових та побутових відходів, які відображають особливості застосування гравітаційних, магнітних та електродинамічних сепараторів при сухих та мокрих засобах збагачення, різних видах сировини та необхідної продуктивності апаратів.

4. Виконану роботу ухвалити і рекомендувати до затвердження.

5. Рекомендувати подальший розвиток тематики в напрямку "Обґрунтування параметрів обладнання технологічних ліній переробки промислових та твердих побутових відходів з отриманням продуктів для подальшого використання".

Заст. зав. каф. ЗКК, к.т.н, доц.

К.А. Левченко

Вчений секретар, к.т.н, доц..

Л.О. Цибулько

## Додаток Е

**ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ № 5**  
засідання ради секції за науковим напрямом  
"Прогресивні технології видобутку і переробки  
корисних копалин"

м. Дніпропетровськ

14 грудня 2010 р.

**ПРИСУТНІ:**

члени ради д.т.н., проф. Пілов П.І., Бондаренко В.І., Бузило В.І., Симоненко В.І., Голінько В.В., Шашенко О.М.; вчений секретар к.т.н., доц. Тюрю Ю.І., виконавці тем.

**СЛУХАЛИ:**

повідомлення проф. Пілова П.І., наукового керівника теми ГП-430 "Наукове обґрунтування екологічно безпечних технологій переробки, вилучення та утилізації корисних компонентів з промислових та твердих побутових відходів".

**УХВАЛИЛИ:**

1. Робота відноситься до прикладних і виконана у повному обсязі у відповідності з технічним завданням.

2. НДР має теоретичне і практичне значення і відповідає технічному рівню кращих вітчизняних та світових аналогів.

## 3. Основні результати:

– розроблені експериментальні зразки залізоуловлювача барабанного типу та грохоту з вібраційним збуджувачем для переробки твердих промислових та побутових відходів;

– розроблено експериментальний зразок підвісного магнітного залізовідокремлювача з постійними магнітами для транспортерної стрічки шириною 600 мм;

– розроблено експериментальний електродинамічний сепаратор на постійних магнітах для вилучення кольорових металів із твердих побутових відходів;

– розроблені варіанти технологічних схем збагачення вугільних шламів та отримання з них твердого палива. Розроблені схеми дозволяють знижувати не тільки зольність вугілля, але і вилучати з нього до 60% сірки загальної, а також від 45 до 85% ртуті, свинцю, миш'яку, ванадію, марганцю, вісмуту та інших особливо шкідливих та токсичних елементів;

– для отримання твердого палива на основі збагачених кам'яновугільних шламів і органічної складової твердих побутових відходів розроблені нові технологічні схеми та обладнання для огрудкування (з використанням апарату типу шнекового пресу), в основі яких покладено адгезійні та хімічні процеси, що мають місце у в'язко-пластичному середовищі, яке представляє собою суміш

високодисперсних частинок кам'яновугільних шламів, бурого вугілля та твердих побутових відходів;

– розроблена технологія вилучення корисних компонентів з твердих побутових відходів (ТПВ), яка включає в себе стадії грохочення ТПВ, аеродинамічної, магнітної та електродинамічної сепарацій. Ця технологія дозволяє вилучити з ТПВ легку фракцію, яка включає в себе здебільше відходи паперу та поліетилену. Магнітна сепарація дозволяє вилучити біля 80% феромагнітних відходів. Електродинамічна сепарація дозволяє вилучити біля 70% кольорових металів, здебільше алюмінієвих відходів;

– розроблені варіанти технологічних схем збагачення відходів переробки пірохлор-цирконових руд та цирконових промпродуктів із застосуванням сепараторів з сильними магнітними полями. Кращі результати отримані при використанні надпровідникового магнітного сепаратора з індукцією понад 2,5 Тл (вихід корисних компонентів на рівні 91,4...94%) у порівнянні з валковим сепаратором (вихід корисних компонентів 72%);

– проведені іспити технологій та обладнання для вилучення корисних компонентів з твердих промислових відходів, зокрема металургійних шлаків. Вибір типу дробарок виконувався із розрахунку крупності шлаку, необхідної продуктивності, якості товарної продукції та наявності металевих включень;

– розроблені рекомендації з використання сепараторів відповідних типів для переробки і вилучення корисних компонентів з промислових та побутових відходів, які відображають особливості застосування гравітаційних, магнітних та електродинамічних сепараторів при сухих та мокрих засобах збагачення, різних видах сировини та необхідної продуктивності апаратів.

4. Звіт ухвалити і рекомендувати до затвердження.

5. Рекомендувати подальший розвиток тематики в напрямку "Обґрунтування параметрів обладнання технологічних ліній переробки промислових та твердих побутових відходів з отриманням продуктів для подальшого використання".

Заступник голови ради секції,  
д-р техн. наук, професор

В.І. Бондаренко

Вчений секретар ради секції,  
канд. техн. наук, доцент

Ю.І. Тюрня

Додаток Ж

РЕЦЕНЗІЯ

на НДР ГП-430

"Наукове обґрунтування екологічно безпечних технологій переробки, вилучення та утилізації корисних компонентів з промислових та твердих побутових відходів"

У рамках роботи розглянуті задачі зменшення негативного впливу твердих побутових відходів на стан навколишнього природного середовища шляхом комплексного використання їх цінних компонентів.

В даний час не існує обґрунтованого наукового підходу до розробки технологічних схем переробки твердих побутових та промислових відходів. Часто використовують дорогі типи магнітних сепараторів для збагачення слабомагнітної сировини, хоча можливо застосувати простіші і дешевші типи для вирішення тієї ж задачі. У інших випадках використовуються сепаратори, які не можуть, в силу конструктивних особливостей, повністю вирішити поставлену задачу, в той час коли необхідні для цього сепаратори випускаються підприємствами. З цього виходить, що існує проблема з правильного вибору магнітних сепараторів для досягнення найбільшої ефективності сухого збагачення важкозбагачуваної слабомагнітної сировини і ця робота спрямована на вирішення цієї проблеми.

В роботі вирішені наступні питання: розроблені експериментальні зразки залізоуловлювача барабанного типу та грохоту з вібраційним збуджувачем для переробки твердих промислових та побутових відходів і експериментальний зразок підвісного магнітного залізовідокремлювача з постійними магнітами для транспортерної стрічки шириною 600 мм; створено експериментальний електродинамічний сепаратор на постійних магнітах для вилучення кольорових металів із твердих побутових відходів; запропоновані варіанти технологічних схем збагачення вугільних шламів та отримання з них твердого палива, що дозволяють знижувати не тільки зольність вугілля, але і вилучати з нього до 60% сірки загальної, а також від 45 до 85% ртуті, свинцю, миш'яку, ванадію, марганцю, вісмуту та інших особливо шкідливих та токсичних елементів; для отримання твердого

палива на основі збагачених кам'яновугільних шламів і органічної складової твердих побутових відходів розроблені нові технологічні схеми та обладнання для огрудкування (з використанням апарату типу шнекового пресу), в основі яких покладено адгезійні та хімічні процеси, що мають місце у в'язко-пластичному середовищі; розроблена технологія вилучення корисних компонентів з твердих побутових відходів (ТПВ); запропоновані варіанти технологічних схем збагачення відходів переробки пірохлор-цирконових руд та цирконових промпродуктів із застосуванням сепараторів з сильними магнітними полями. Розроблені рекомендації з використання сепараторів відповідних типів для переробки і вилучення корисних компонентів з промислових та побутових відходів, які відображають особливості застосування гравітаційних, магнітних та електродинамічних сепараторів при сухих та мокрих засобах збагачення, різних видах сировини та необхідної продуктивності апаратів.

Результати науково-дослідної роботи представляють науковий та практичний інтерес і можуть бути використані як в наукових, так і в практичних цілях.

Нач. науково-дослідного відділу  
удосконалення технологій і схем  
вуглезбагачувальних фабрик  
"Укрндівуглезбагачення",  
д-р техн. наук, проф

О.Д. Полулях