

УДК 622.74.913.3

**О.В. БУЛАХ**, канд. техн. наук  
(Україна, Кривий Ріг, Державний ВНЗ "Криворізький національний університет")

### **ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОПЕРАЦІЇ ТОНКОГО ГРОХОЧЕННЯ ПРИ ЗБАГАЧЕННІ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ**

Сучасні напрямки розвитку технологій переробки залізних руд на ГЗК України та країн СНД спрямовані на підвищення масової частки заліза в концентраті та зменшення витрат на його виробництво за рахунок впровадження нових технологій та/або використання сучасного, вискоєфективного обладнання, що дозволяє не тільки підвищити якість концентрату, але і зменшити вміст шкідливих домішок.

Підвищення якості концентратів практично неможливо в діючих схемах збагачення та кількості використовуваного обладнання при збільшенні обсягів виробництва та частки важкозбагачуваних руд, залучених у переробку. Типові схеми збагачення більшості залізних руд характеризуються стадіальністю процесів подрібнення та магнітної сепарації з виділенням хвостів після кожної операції. Кінцевий концентрат, отримуваний після останньої стадії подрібнення і магнітної сепарації, коли порожня порода виведена з хвостами збагачення, часом не задовольняє вимогам пред'явленим споживачами продукції. Виникає необхідність вдосконалення існуючих схем збагачення з використанням нового, більш ефективного обладнання або розглядання можливості дозбагачення концентрату, отриманого по базовій схемі переробки. Той чи інший варіант повинен бути більш ефективним та менш витратним.

Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є використання в схемах переробки залізних руд операції тонкого грохочення, яким все частіше цікавляться більшість підприємств через високу ефективність цього процесу та можливості покращення технологічних та економічних показників.

Вперше про грохоти тонкого грохочення стало відомо в ще 70-х роках минулого сторіччя завдяки розробці компанією "Derrick" багатошарової ситової панелі, що не забивається, запатентованої як "Сендвіч панель". В подальшому, компанія створила поліуретанові сита з високим коефіцієнтом "живого перетину". Але сьогодні велику зацікавленість серед гірничо-збагачувальних підприємств має грохот Деррік"Стек Сайзер" (StackSizer™) який має п'ять паралельних ситових дек, розташованих одна над іншою та характеризується високою питомою продуктивністю [1].

За останні роки процес тонкого грохочення набув широкого розповсюдження в технологічних схемах збагачення різних типів корисних копалин по всьому світу. Це стало можливим завдяки появі саме грохотів Derrick із зносостійкими сітками, що не забиваються, що забезпечують високу ефективність розділення по класам крупності -0,07 та -0,05 мм від 70 до 80% і вище. Такі гро-

хоти доцільно використовувати коли необхідно отримати якісний підрешітний продукт з невеликою допустимою кількістю тонкого в надрешітному матеріалі. Використання тонкого грохочення на більшості підприємств при невеликих капітальних витратах дозволяє підвищити вміст заліза в концентраті на 1,7-2,7%, а особливо це важливо через зростання цін на енергоносії та збільшення вартості сировини та витрат при металургійному виробництві [2, 3].

Наразі галузь використання тонкого грохочення достатньо широка. В роботі [4] наведено можливості застосування тонкого грохочення, а саме: – в технологічних процесах переробки техногенних вугільних родовищ; – в технологічних схемах діючих вуглезбагачувальних фабрик, наприклад, для виділення крупнозернистого шламу; – в замкнутих циклах подрібнення руд чорних, кольорових та благородних металів замість гідравлічної класифікації; – в схемах збагачення, коли вміст одного з розділяємих компонентів в дрібних класах є більшим, ніж в крупних; – в технологічних схемах доведення промпродуктів перед їх збагаченням, де потребується висока точність розділення при відносно невисокій продуктивності.

Для розділення по крупності необхідно використовувати вібраційний гідравлічний грохот, тому що в ньому часткове розділення за густиною, пов'язане з сегрегацією та частковим характером переміщення частинок в підрешітний продукт сприятиме підвищенню масової частки заліза в готовому продукті. В гідроциклоні, часткове розділення за густиною знижує масову частку заліза в готовому продукті (зливі). При подрібненні магнетитових руд по використовуваних схемах відбувається вибіркова зміна розмірів магнетиту і вміщуючих порід. Це проявляється в більш високій масовій частці заліза в дрібних класах крупності. Тому тонке грохочення магнетитвміщуючих продуктів слід віднести до вибіркового грохочення, що дозволяє підвищити якість готового продукту. При цьому вибірковість грохочення проявляється і в замкнутому циклі подрібнення. В стадіях подрібнення магнетитових руд (на відміну від інших руд) широко застосовується як збагачувальна операція в замкнутому циклі для виведення відвальних хвостів. Використання в замкнутому циклі подрібнення тонкого грохочення і магнітної сепарації дозволяє не тільки отримати готовий по крупності продукт, але і, порівняно з гідроциклонами, підвищити масову частку заліза в готовому продукті і знизити циркулююче навантаження [5].

В даний час є багато варіантів використання операції тонкого грохочення в схемах переробки корисних копалин.

Відомі схеми збагачення [5] з використанням тонкого грохочення в замкнутому циклі подрібнення, зі стадіальним виділенням концентрату, з розділенням промпродукту на два сорти, з підвищенням якості концентрату (рис. 1).

## Підготовчі процеси збагачення

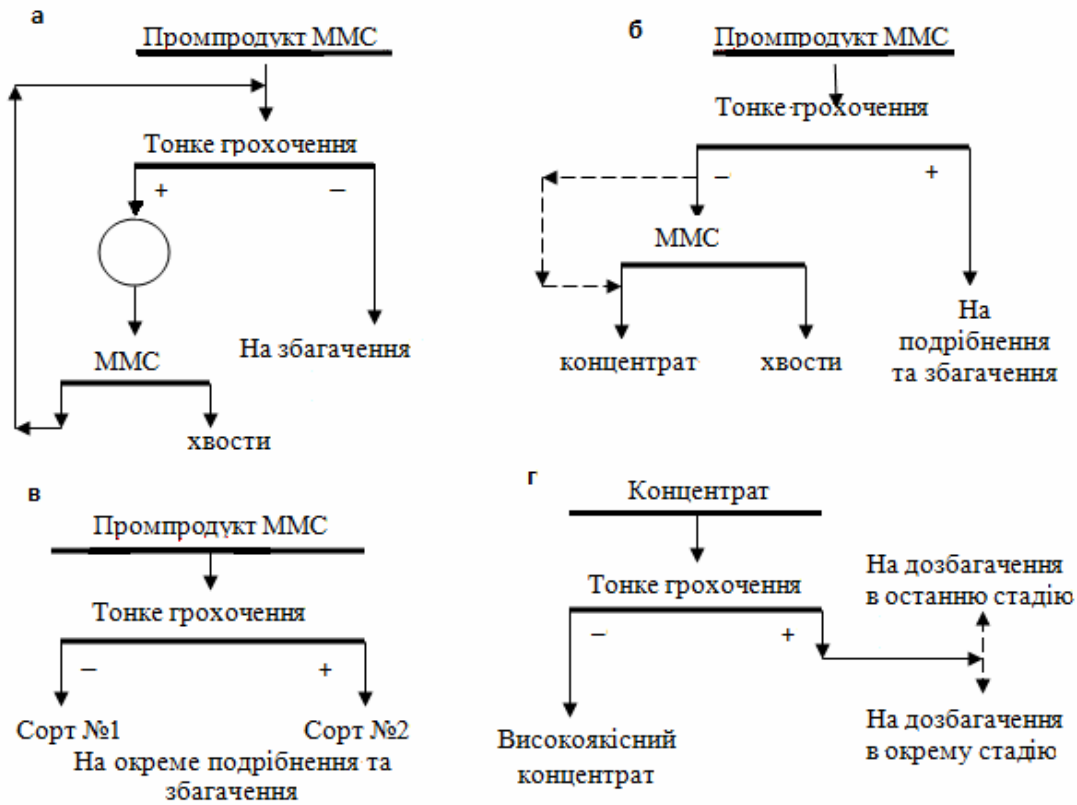


Рис. 1. Варіанти використання тонкого грохочення в схемах збагачення залізних руд:  
а – замкнутий цикл подрібнення; б – стадійне виділення концентрату;  
в – розділення промпродукту на два сорти;  
г – підвищення якості концентрату

В роботі [6] наведено дослідження на рудах Північного Закарпаття поточного видобутку з впровадженням грохоту тонкого грохочення фірми Derrick в схему збагачення. На підставі проведених досліджень була вдосконалена існуюча технологічна схема збагачення магнетитових кварцитів (рис. 2), що включає наступні операції: подрібнення дробленої до 25-0 мм вихідної руди, магнітне збагачення (I стадія) зливу класифікатора, подрібнення магнітного продукту, знешламлення зливу гідроциклона з подальшим його магнітним збагаченням (II стадія), грохочення магнітного продукту по класу 0,063 мм, підрешітний продукт знешламлюється і збагачується на магнітному сепараторі (III стадія). Надрешітний продукт подрібнюється, класифікується. Злив класифікатора повертається на магнітне збагачення у другу стадію. В комплексі це дозволяє збільшити масову частку заліза в концентраті або знизити питомі витрати на переробку руди. За даною технологією отриманий концентрат містить 67,2% заліза при вилученні – 72,1%.

## Підготовчі процеси збагачення

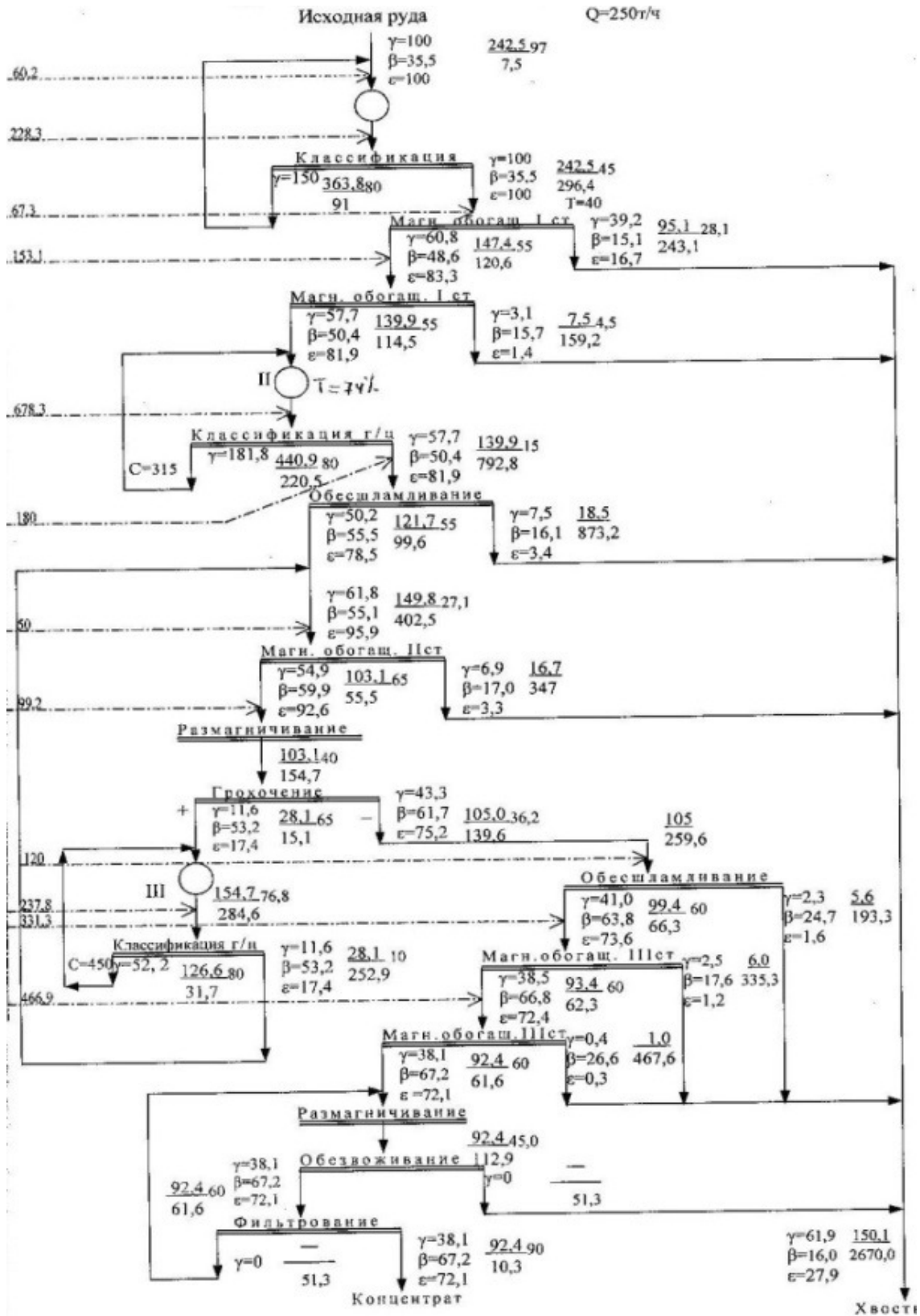


Рис. 2. Рекомендована технологічна схема збагачення магнетитових кварцитів ПівніГЗК з впровадженням операції тонкого грохочення

## Підготовчі процеси збагачення

Відомі дослідження [3] з підвищення масової частки заліза у концентраті, де одним із завдань було впровадження операції тонкого грохочення в технологію переробки мінеральної сировини були проведені на рудозбагачувальній фабриці №2 гірничо-збагачувального комплексу ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг", але за результатами було запропоновано два варіанти технологічних схем: 1 – з тонким грохоченням у відкритому циклі; 2 – с тонким грохоченням у замкненому циклі. По першій схемі (рис. 3) концентрат надходить на тонке грохочення, над решітний продукт до збагачується у окремому циклі. Дана схема дозволяє отримувати концентрат з вмістом заліза 68,0% при виході 27,71%. На рис. 4 наведено фрагмент другого варіанту схеми, де замість гідроциклонів в третій стадії подрібнення встановлені грохоти Derrick типу 2SG48-60R/W-5STK. За обома варіантами схем при повному впровадженні тонкого грохочення можливо отримувати високоякісні концентрати.

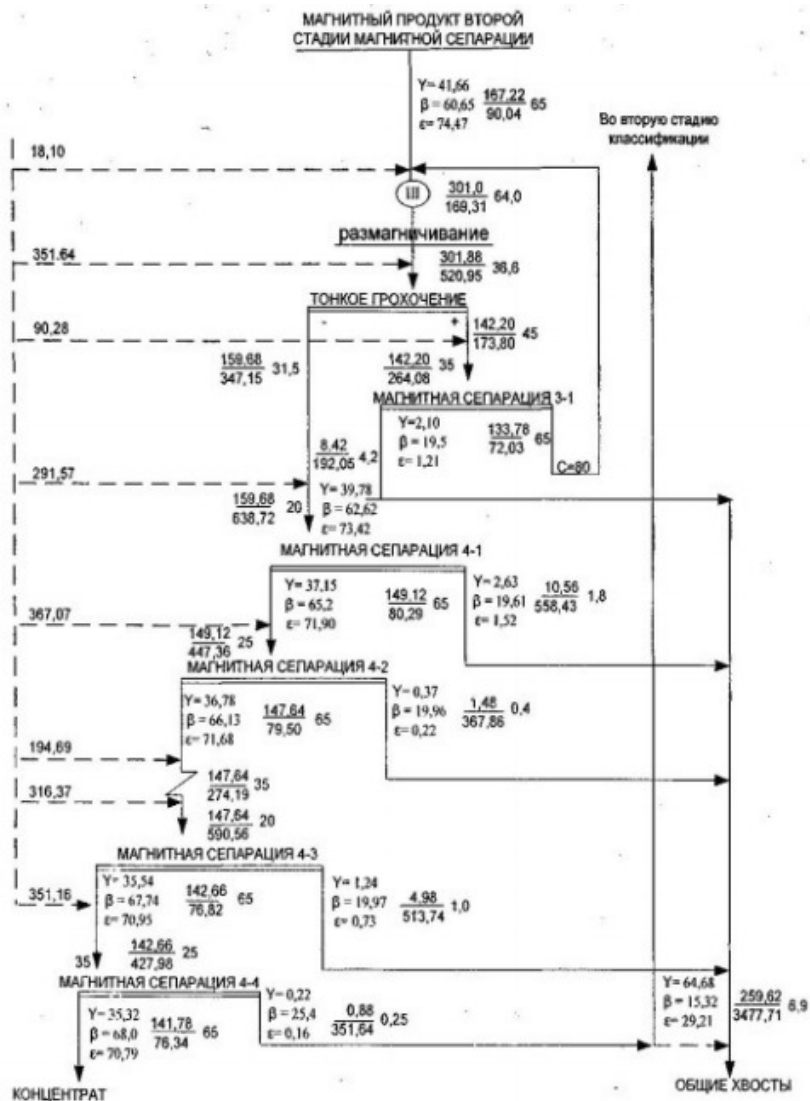


Рис. 3. Технологічна схема збагачення магнітного продукту третьої стадії магнітної сепарації на секції №10 з використанням тонкого грохочення у відкритому циклі

Схожі дослідження [7] були виконані на тому ж ГЗК "АрселорМіттал Кривий Ріг", але їх метою було визначення можливості дозбагачення концентратів з використанням операції тонкого грохочення. При детальному вивченні концентратів та за результатами кількісних мінералогічних підрахунків зроблений висновок про можливість підвищення якості концентрату шляхом відділення від нього найбільш крупнозернистого матеріалу. Аналіз результатів досліджень показав, що концентрат необхідної якості для обох збагачувальних фабрик можливо отримати виділенням фракції з розміром

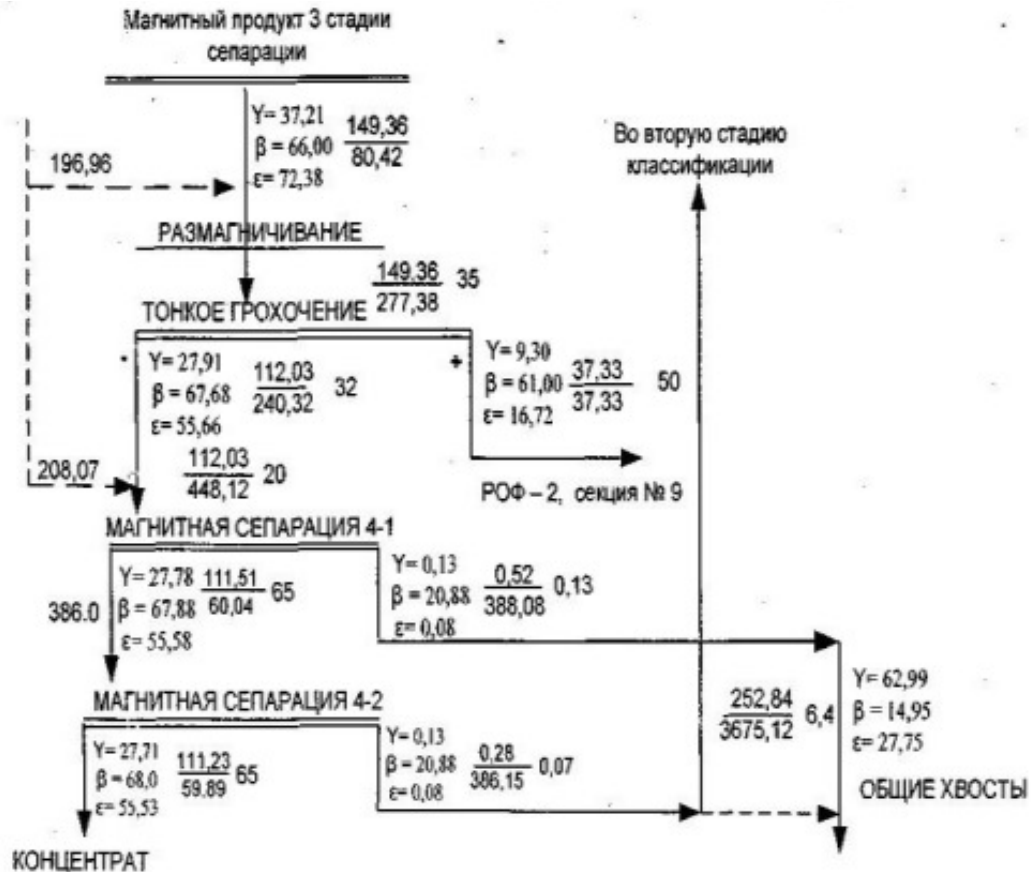


Рис. 4. Технологічна схема збагачення магнітного продукту другої стадії на секції №10 з використанням тонкого грохочення в замкнутому циклі подрібнення

частинок – 0,05 мм з використанням тонкого грохочення. При цьому, для першої фабрики вміст корисного компонента у концентраті складає 68,0% при його виході 90,3%, а для другої фабрики ГЗК – 68,1% та 86,8% відповідно (рис. 5). Загальний вміст заліза в матеріалі крупністю +0,05 мм концентрату РЗФ-1 складає 40,2 мас.%, для концентрату РЗФ-2 – 43,2 мас.%. В роботі пропонуються наступні варіанти використання надрешітного продукту:

1. Скидання його з хвостами збагачення. Внаслідок цього, буде збільшено вміст заліза у хвостах до 16-16,5 мас.%. Також буде знижено обсяг виробництва концентрату на 10% у порівнянні з теперішнім.

## **Підготовчі процеси збагачення**

2. Повернення крупнозернистого надрешітного продукту в технологічні процеси збагачувальної фабрики. Це дозволить до подрібнити матеріал, але суттєвого збільшення якості кінцевого продукту не очікується.

3. Доподрібнення цього продукту в індивідуальному режимі з наступним його збагаченням магнітними або гравітаційними методами. Саме цей варіант є найбільш раціональним, оскільки він забезпечує мінімальні втрати продуктивності фабрики по концентрату.

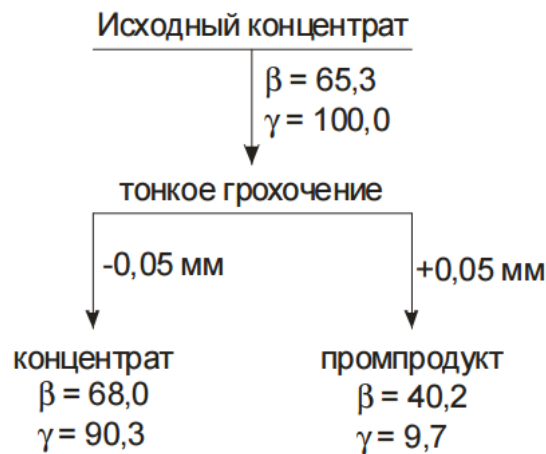


Рис. 5. Технологічна схема підвищення якості концентрату РЗФ-1 з використанням тонкого грохочення

Операція тонкого грохочення на гірничо-збагачувальних фабриках використовується для підвищення якості концентрату та зниження в ньому вмісту кремнезему. При видаленні частинок крупніше 75 мкм з кінцевого залізорудного концентрату саме з використанням тонкого грохочення можливо зменшити вміст кремнезему на 1,0-1,5%. Важливо також відзначити, що витрати на цей процес нижче ніж на тонке подрібнення або флотацію.

### **Список літератури**

1. Електронний ресурс: <http://промкаталог.пф/PublicDocuments/1105388.pdf>
2. Електронний ресурс: <http://library.stroit.ru/articles/tgrohot/>
3. Применение тонкого грохочения для повышения качества железорудного концентрата на обогатительной фабрике горно-обогатительного комплекса "АрселорМиттал Кривой Рог" / А.А. Ширяев, Е.Н. Нескоромный, А.И. Мироненко и др. // Вісник КНУ. – Кривой Рог, 2013.
4. Електронний ресурс: [http://ea.donntu.org:8080/bitstream/123456789/31306/1/Букин\\_1.pdf](http://ea.donntu.org:8080/bitstream/123456789/31306/1/Букин_1.pdf)
5. Пелевин А.Е. Научные основы процесса тонкого гидравлического вибрационного грохочения и разработка новых систем обогащения магнетитовых руд: Дис. ... д-ра техн. наук. – Екатеринбург, 2011. – 398 с.
6. Булах О.В., Хміль І.В., Булах О.О. Тонке грохочення як перспективний метод підвищення ефективності збагачення магнетитових кварцитів // Гірничий вісник. – 2015. – № 100. – С. 102-105.
7. Минералогическое обоснование возможности повышения качества магнетитового

## **Підготовчі процеси збагачення**

концентрата действующих горнообогатительных комбинатов Криворожского бассейна.  
1. Дообогащение концентрата методом тонкого грохочения / В.Д. Евтехов, В.В. Филенко, Е.В. Евтехов и др. // Геолого-мінералогічний вісник. – 2016. – № 2(16). – С. 41-51.

8. Вепнер мл., Н. Трапе, В.Ю. Лелис Опыт применения вибрационных грохотов корпорации "DERRIK" при обогащении железных руд // Горный журнал. – 2002. – №3. – С. 60-64.

© Булах О.В., 2017

*Надійшла до редколегії 12.09.2017 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник*