

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення

результатів дисертації на тему

Невзорова Віталія Валерійовича

«Обґрунтування технологічних параметрів тонкого грохочення при збагаченні магнетитових кварцитів»,

здобувача наукового ступеня доктора філософії

Невзорова Віталія Валерійовича

в галузі знань 18 – «Виробництво та технології»

за спеціальністю 184 – «Гірництво»

1. Актуальність теми дослідження.

Існуючі технології переробки магнетитових кварцитів ведуть майже до 100% вимушеного подрібнення усього матеріалу, що в свою чергу призводить, до ефекту потрапляння тонкого розкритого магнетиту, багатих зростків у відвальні хвости, а тонкого кварцу, бідних зростків до промпродуктів та концентрату, тим самим занижуючи якісні показники товарної продукції.

Первина оцінка матеріалів показує, що найшвидшим способом підвищення якісних характеристик є переробка низькосортних концентратів мокрої магнітної сепарації. Для цього можливе комплексне застосування грохотів тонкого грохочення, вертикальних млинів, батарей гідроциклонів, що дозволить це виконати, завдяки виведенню чистого магнетиту, зниженню потрапляння багатих зростків у хвости та бідних зростків у промпродукт/концентрат. Таке поєднання в окремих випадках можливо розглядати, як альтернатива флотаційній доводці концентратів.

Тому, обґрунтування технологічних параметрів тонкого грохочення на підставі закономірностей ймовірності розділення частинок, залежностей ефективності розділення від параметрів вихідної сировини (вміст твердого, щільність пульпи, розрідження, навантаження, швидкість) та показників роботи грохота (частота/амплітуда коливань, розмір отворів поверхні для просіювання) є актуальним науково-практичним завданням.

1.1. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертацію виконано відповідно до програм розвитку гірничо-металургійної галузі, що були визначені постановами Кабінету Міністрів України та планами виконання науково-дослідних робіт у Криворізькому національному університеті, а також корпоративними планами розвитку компанії «МЕТІНВЕСТ ХОЛДІНГ». Дисертація є частиною держбюджетної науково-дослідної роботи Криворізького національного університету, за №ДР 0121U109524 «Дослідження закономірностей та обґрунтування методів підвищення ефективності процесу магнітної сепарації залізної руди із застосуванням ультразвукових технологій».

1.2. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів.

Здобувачем самостійно розроблені наукові результати, що винесені на захист, сформовано мету, об'єкт та предмет дослідження, досліджень. Теоретичне обґрунтування виконано за допомогою математичного моделювання та регресійного аналізу і використання пакету STATGRAF, яке підтверджено експериментальними дослідженнями ефективності розділення від параметрів вихідної сировини (вміст твердого, щільність пульпи, розрідження, навантаження, швидкість) та показників роботи грохота (частота/амплітуда коливань, розмір отворів поверхні для просіювання) для розробки комплексної технологічної схеми збагачення бідних магнетитових кварцитів, яка дозволяє виключити з лінійки виробництва низькоякісний концентрат з Feзаг. 64,5%, отримати високоякісний концентрат з вмістом Feзаг. 68,5% та збільшити обсяг товарного концентрату з вмістом Feзаг. 67,5%, а також перевіріти досліджень у лабораторних та промислових умовах.

1.3. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

підтверджується коректністю поставлених завдань, використанням апробованих методів їх розв'язанням, теоретичним обґрунтуванням базових положень, результатами апробації, відповідністю результатів, а також моделюванням експериментальних результатів, їх зв'язком з існуючими результатами, отриманими із застосуванням класичних методів; відповідність результатам інших авторів. Адекватність розробленої математичної моделі підтверджено експериментальними даними, отриманими при проведенні досліджень та високим значенням коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,971968$, а також малим значенням стандартної помилки оцінки $SE = 0,00793$. В цілому, при розрахунках коефіцієнт множинної регресії склав $R = 0,9859$.

1.4. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно відомими дослідженнями аналогічного характеру.

У дисертації вперше одержані такі наукові результати:

Наукове положення №1:

Тонке грохочення магнетитових кварцитів обґрунтовано як складна стохастична технологічна система, для якої визначальними є випадковий характер гранулометричного складу вхідного потоку, нестаціонарність параметрів та вплив невимірюваних факторів, що зумовлює необхідність використання ймовірнісно-статистичного підходу до моделювання процесу та визначення його технологічних показників.

Наукове положення № 2:

Встановлено, що сепараційна характеристика тонкого грохочення може бути адекватно описана узагальненою математичною моделлю, яка поєднує: ймовірнісну основу просіювання частинок, кінетичні параметри процесу, та

інтегральний вплив характеристик пульпи, що дозволяє визначати розділення вихідних продуктів як функцію від параметрів вхідного потоку та режимів роботи грохоту.

Наукова новизна:

1. Вперше для процесів збагачення магнетитових кварцитів розроблено узагальнену математичну модель тонкого гідрогрохочення, яка враховує ймовірнісну природу розділення частинок за крупністю, кінетику процесу та вплив властивостей пульпи шляхом побудови регресійної моделі коефіцієнта пульпи, що встановлює кількісний взаємозв'язок між: вмістом твердого, розрідженням, щільністю пульпи, та дозволяє враховувати їх комплексний і взаємозалежний вплив на ефективність тонкого грохочення за рахунок чого підвищено ефективність розділення мінеральної сировини за крупністю на 4,9-12,86%.

2. Вперше встановлено узагальнені закономірності процесу тонкого грохочення магнетитових руд на високочастотному грохоті на основі введення безрозмірних параметрів, що комплексно враховують вплив часу просіювання (запас матеріалу на грохоті та вхідна продуктивність), вплив частоти та амплітуди коливань, товщини шару матеріалу та його гранулометричного складу (зокрема, критеріїв, аналогічних числам Фруда та Рейнольдса для вібраційних систем). Показано, що ефективність класифікації визначається узагальненим критерієм процесу, при оптимальних значеннях якого досягається зниження вмісту дрібних класів у надрешітному продукті на 7,68–11,93 %.

3. Вперше встановлено аналітичні залежності для переходу від розділення крупності вхідної сировини до розділення сепараційної характеристики тонкого грохочення, що дозволяє: підвищити селективність розділення та стабілізувати гранулометричний склад продуктів грохочення, тим самим підвищити вміст заліза у підрешітному продукті на 1,45–2,87 % Fe та знизити засміченість дрібного класу пустою породою на 1,36–4,58 %.

4. Вперше встановлено, що оптимізація режимних параметрів роботи високочастотного грохота (частота коливань у межах 40–50 Гц, амплітуда 0,7мм, питоме навантаження 26,9 т/ч*м²) забезпечує інтенсифікацію процесу тонкого грохочення, що проявляється у зменшенні втрат корисного компонента з надрешітним продуктом на 4,49–11,75 % та підвищенні вилучення магнетиту у підрешітний продукт на 6,91–18,10 %.

1.5.Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації.

За результатами досліджень опубліковано 5 наукових праць, у тому числі 3 статті у наукових фахових виданнях категорії «Б»; 1 стаття – у журналі категорії В, 1 тези– в іноземному виданні (збірник матеріалів конференцій).

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

[1] Олійник. Т.А., Невзоров В. В. Тонке грохочення як спосіб вирішення технологічних питань при виробництві високоякісних залізрудних концентратів. Вісник Криворізького національного університету, Кривий Ріг-2023. Вип. 57, с. 80-88. <https://journal-knu.com.ua/uk/journals/tom-21-2-2023> (Фахове видання категорії Б)

[2] Олійник. Т.А., Невзоров В. В., Аналіз впливу основних параметрів залізрудної сировини на процес тонкого грохочення з використанням математичних моделей. 2023 Технічна інженерія, (2(96), 259–272. <https://ten.ztu.edu.ua/issue/view/20070> (Фахове видання категорії Б)

[3] Oliinyk T., Nevzorov V. Analysis of mathematical models of material size separation considering equipment and material characteristics and screening conditions. 2024. Geotekh. Meh, 171, p. - 47-58. <https://geotm.dp.ua/index.php/uk/collection/559-2024ua/geotm-171ua> (Фахове видання категорії Б)

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

[4] Tatyana OLIYNYK, Vitalii NEVZOROV: «Technological feasibility of using fine screening in processing flowsheet». Тези, збірник VI Міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційний розвиток ресурсозберігаючих технологій та раціональне користування природними ресурсами». Румунія. - 2023 с. 96-98. ISSN 2734-6935. ISSN-L 2734-6935. https://www.upet.ro/cercetare/manifestari/Ukraine_2023_Book_of_Abstracts.pdf

[5] Nevzorov V.V; Oliinyk T.A.; Syrotkina N.P. Muzyka L.V; (2026). Accounting for the effect of pulp parameters when simulating the fine screening process. Technical mechanics (1), 113–122 https://journal-itm.dp.ua/ojs/index.php/ITM_j1/article/view/177

Особистий внесок здобувача у наукових працях

[1] – виконана оцінка можливості застосування тонкого грохочення у схемах переробки залізрудних концентратів для підвищення їх якості та встановлено, що тонке грохочення є сучасним та перспективним методом, який можливо застосовувати в технологічних схемах збагачення залізрудних концентратів для раціонального використання природних ресурсів та оптимізації технологічних процесів за рахунок підвищення їх ефективності; [2] – визначено основні параметри залізрудної сировини та встановлений їх вплив на процес тонкого грохочення із застосуванням методів математичного моделювання; [3] – виконаний аналіз сучасних математичних моделей, що описують процес просіювання продукції, та оцінка можливості їх використання для прогнозування технологічних параметрів виробництва залізрудного концентрату з метою підвищення ефективності технології виробництва залізрудного концентрату шляхом створення більш оптимальних умов для розділення матеріалу за розміром під час його підготовки до подрібнення та збагачення; [4] – на основі лабораторних та аналітичних досліджень визначено: найбільш перспективні місця для впровадження тонкого грохочення в технологічному процесі, оптимальний розмір тонкого грохочення (45-50 мікрон), продукти збагачення, які є можливими та доцільними для подальшого просіювання; [5] – визначено вплив основних

параметрів пульпи на розробку моделі просіювання залізорудних концентратів з урахуванням регресійного аналізу та використанням STATGRAPHICS, також виконано оцінку точності моделювання по результатам сумісності з результатами експериментів.

Висновок. Відповідно до вимог п.8 Постанови КМУ № 44 від 12 січня 2022 року, наукові праці здобувача враховано у кількості 3 публікацій, за якими висвітлені результати дисертаційної роботи. Основні положення та результати роботи повністю викладені у наукових працях здобувача.

1.6. Апробація основних результатів дослідження.

Основні положення та результати дослідження були представлені й одержали схвалення на наукових семінарах кафедри збагачення корисних копалин і хімії Криворізького національного університету та на міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційний розвиток ресурсозберігаючих технологій та раціональне користування природними ресурсами» (Румунія, 2023).

1.7. Наукове значення виконаного дослідження.

Наукове значення роботи полягає у встановленні залежностей ефективності розділення від параметрів вихідної сировини (вміст твердого, щільність пульпи, розрідження, навантаження, швидкість) та показників роботи грохота (частота/амплітуда коливань, розмір отворів поверхні для просіювання). При цьому введено безрозмірні коефіцієнти, які що комплексно враховують запас матеріалу на грохоті, вхідну продуктивність, вплив частоти та амплітуди коливань, товщини шару матеріалу та його гранулометричного складу.

Результати роботи використовуються у Криворізькому національному університеті при підготовці фахівців за спеціальністю 184 Гірництво ОПІ «Збагачення корисних копалин».

1.8. Практична цінність результатів дослідження.

На підставі аналізу та синтезу результатів проведених теоретичних та практичних досліджень розроблено комплексну технологічну схему збагачення бідних магнетитових кварцитів, яка дозволяє виключити з лінійки виробництва низькоякісний концентрат з Фезаг. 64,5%, отримати високоякісний концентрат з вмістом Фезаг. 68,5% та збільшити обсяг товарного концентрату з вмістом Фезаг. 67,5%.

Техніко-економічним розрахунком визначено позитивні результати запропонованих нововведень, а саме: розрахунок чистої поточної вартості NPV є позитивним. Встановлено, що термін окупності DPP достатньо низький термін окупності – 3,8 років, враховуючи прогнозу ставку дисконтування 18,7%. Сумарний дисконтований економічний ефект DCF для гірничо-збагачувального підприємства становить близько 141 990 US\$. Для досягнення терміну окупності

проекту внутрішню норму прибутку IRR можна підтримувати близько 55,6 % річних.

Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення.

Текст дисертаційної роботи викладено грамотною, технічною мовою, логічно та послідовно. Структура дисертації, мова та стиль викладання відповідають вимогам, щодо оформлення дисертацій доктора філософії. Застосована в роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладання результатів теоретичних та практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. В цілому дисертація є завершеною науковою працею, що відповідає вимогам спеціальності 184 – Гірництво.

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

2. З урахуванням зазначеного, на розширеному засіданні кафедри збагачення корисних копалин і хімії ухвалити:

2.1. Дисертація Невзорова Віталія Валерійовича здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії, «Обґрунтування технологічних параметрів тонкого грохочення при збагаченні магнетитових кварцитів», є завершеною науковою працею, у якій розв'язано актуальне науково-практичне завдання, що полягає в обґрунтуванні та розробці технологічних рекомендацій щодо впровадження у гірничо-збагачувальне виробництво, на підставі встановлення залежностей ефективності розділення від параметрів вихідної сировини (вміст твердого, щільність пульпи, розрідження, навантаження, швидкість), показників роботи грохота (частота/амплітуда коливань, розмір отворів поверхні для просіювання), та розробки комплексної технологічної схеми збагачення бідних магнетитових кварцитів що має важливе значення для галузі знань 18 Виробництво та технології за спеціальністю 184 Гірництво.

2.2. Розглянувши звіт подібності на плагіат, рецензенти дійшли висновку, що дисертаційна робота Невзорова В.В. «Обґрунтування технологічних параметрів тонкого грохочення при збагаченні магнетитових кварцитів» є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

2.3. Основний зміст дисертаційної роботи відображено в 5 наукових працях, у тому числі 3 статті у наукових фахових виданнях категорії «Б»; 1 стаття – у журналі категорії В, 1 тези – в іноземному виданні (збірник матеріалів конференцій).

2.4. Дисертація відповідає вимогам до оформлення дисертацій, які затверджені наказом МОН України від 12.01.2017 № 40 зі змінами і

доповненнями, внесеними наказом МОН України від 31.05.2019 № 759 та вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 зі змінами, внесеними Постановою КМУ від 21.03.2022 № 341.

2.5. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Невзорова Віталія Валерійовича здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії дисертація «Обґрунтування технологічних параметрів тонкого грохочення при збагаченні магнетитових кварцитів» рекомендується для подання до розгляду та захисту у разовій спеціалізованій вченій раді».

За затвердження висновку проголосували науково-педагогічні працівники кафедри збагачення корисних копалин і хімії та запрошені науково-педагогічні працівники КНУ:

«ЗА» - одинадцять

«ПРОТИ» - не має

«УТРИМАЛИСЬ» - на має

Головуючий на засіданні кафедри,
Доцент кафедри збагачення
корисних копалин і хімії, канд. техн. наук

 А.Ю. Кривенко

21.05.2026 р.

