

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Румницького Дмитра Олександровича

на тему: «ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРАВІТАЦІЙНОГО
ЗБАГАЧЕННЯ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ У СПІРАЛЬНИХ СЕПАРАТОРАХ»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 184 – «Гірництво»

в галузі знань 18 – «Виробництво та технології»

Актуальність теми дисертації.

Сьогодні спіральні сепаратори є одним з найбільш поширених і економічно ефективних апаратів для гравітаційного збагачення корисних копалин, зокрема магнетитових руд. Їх переваги – простота конструкції, низькі експлуатаційні витрати та можливість роботи без використання хімічних реагентів.

Гравітаційне збагачення магнетитових руд у спіральних сепараторах залишається одним із ключових напрямів підвищення ефективності переробки залізорудної сировини. Оптимізація цього процесу вимагає глибокого розуміння гідродинаміки багатофазних потоків та механізмів сегрегації частинок різної густини у тонкошаровому спіральному потоці.

У дисертації розв'язано актуальну науково-технічну проблему вдосконалення гравітаційного збагачення магнетитових кварцитів. Автором науково обґрунтовано технологічні рекомендації для ГЗК, що базуються на виявлених залежностях ефективної в'язкості пульпи від температурного режиму та гранулометричного складу частинок. Теоретичний підхід доповнено чисельним моделюванням гідродинаміки процесу, що дозволило встановити закономірності сегрегації та траєкторії руху мінеральних частинок у спіральних сепараторах.

Тому обрана тема дисертації є актуальною та важливою.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше при спіральній гравітаційній сепарації магнетитової пульпи, як двофазної суміші мінеральних частинок та рідини, запропоновано новий спосіб розрахунку ефективної в'язкості пульпи, який враховує полімодальний гранулометричний склад суспензії, стисненість рідини в міжчастковому просторі та вплив форми частинок, що дозволило оцінити підвищення ефективності розділення магнетиту та кварцу на 0,18-0,21 за рахунок зменшення ефективної в'язкості пульпи у потоці на поверхні спірального сепаратору.

2. Вперше доведено, що швидкість руху частинок різної крупності магнетитової суспензії при її збагаченні у спіральному сепараторі визначається кінематичною в'язкістю суспензії і залежить від змінення температури, що

дозволило визначити показники збагачення магнетитової руди й уникнути додаткових втрат цінних компонентів, а саме максимальне вилучення заліза у концентрат 74,08-82,08 % при масовій частці заліза загального 68,05-69,03 % мають місце в визначеному оптимальному діапазоні температури пульпи – 28 - 30 °С.

3 Вперше для прогнозування сегрегації частинок у спіральних сепараторах при збагаченні магнетитових руд розроблена методика моделювання спіральної сепарації, яка ґрунтується на застосуванні математичного апарата методів чисельної гідродинаміки за рахунок застосування ейлерової мультифлюїдної моделі VOF з урахуванням підйомної сили Бегнольда, що дозволила визначити гідродинамічні параметри потоку суспензії, а саме зменшення кривизни профілю поперечного перерізу спірального жолоба з параболічною геометрією поперечного перерізу до слабо похилого, сприяє збільшенню ефективності сегрегації дрібних фракцій мінеральних частинок на 5,48-7,45%.

4 Вперше при гравітаційному збагаченні магнетитових руд у спіральних сепараторах на підставі чисельного моделювання потоку твердих частинок встановлені закономірності сегрегації мінеральних частинок за густиною та висотою спірального потоку малої товщини, що дозволило підвищити ефективність процесу сегрегації мінеральних частинок з 0,69 до 0,87 при збільшенні масової частки твердого в живленні з 20 % до 35 % при використанні спірального сепаратору з параболічною геометрією поперечного перерізу і з 0,73 до 0,94 у разі використання сепаратору з профілем поперечного перерізу у вигляді кривої слабо похилої.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання, обґрунтування та розроблення технологічних рекомендацій щодо впровадження у гірничо-збагачувальному виробництві технології гравітаційного збагачення магнетитових кварцитів у спіральних сепараторах, виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача, Румницького Дмитра Олександровича, повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 184 – Гірництво та напрямкам виконання науково-дослідних робіт у Криворізькому національному університеті.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям гірничо-металургійної галузі.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота, Румницького Дмитра Олександровича, є результатом самостійних досліджень здобувачки і не містить елементів фальсифікації, копіїзації, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

В дисертації для виконання мети досліджень сформовані задачі, які послідовно розкриваються від розділу до розділу.

Відмічається доступність викладання матеріалу та використання загальноприйнятої термінології.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації 217 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, визначено мету та основні задачі дослідження, обґрунтовано наукову новизну і практичну значимість роботи.

У першому розділі автором систематизовано результати досліджень гравітаційного збагачення залізних руд у спіральних сепараторах. Автор проводить критичний аналіз робіт Пілова П.І., Білецького І.К., Олійник Т.А., Скляр Л.В., Gray J., Holland-Batt A.B. та інших, приділяючи особливу увагу процесам сегрегації та методам обчислювальної гідродинаміки. Виявлено, що потенціал гравітаційного розділення тонких класів залишається невичерпаним. Обґрунтовано роль в'язкості суспензії як критичного фактора, що визначає стан дисперсної фази, швидкість осадження частинок та енергоефективність транспортування пульпи. Це підтверджує актуальність розробки нових технологічних рішень для руд із широким гранулометричним складом.

Другий розділ присвячений аналізу мікрореологічних моделей в'язкості дисперсних систем. Автор обґрунтував вплив гранулометричного складу, морфології частинок та температури пульпи на її ефективну в'язкість. Встановлено, що для магнетитових суспензій цей параметр суттєво залежить від вмісту класу +0,1 мм та концентрації твердого. Запропоновано метод розрахунку в'язкості, який враховує полімодальність складу та стисненість рідини у міжчастковому просторі. Доведено критичне значення температурного режиму (оптимально 28–50 °C): контроль температури взимку дозволяє мінімізувати втрати цінного компонента, що зумовлені зростанням в'язкості технічної води. Результати пояснюють розкид експериментальних даних і є базою для оптимізації роботи гвинтових сепараторів.

Розділ третій присвячений математичному моделюванню. У третьому розділі обґрунтовано застосування методів обчислювальної гідродинаміки (CFD) для моделювання гравітаційного розділення мінералів. Автором розроблено тривимірну модель течії у середовищі FreeFEM++, яка базується на рівняннях нерозривності та збереження імпульсу з урахуванням підйомної сили Багнольда. Встановлено, що ігнорування цієї сили призводить до хибних прогнозів якості концентрату. Моделювання дозволило визначити вплив геометрії профілю жолоба на втрати заліза: перехід від параболічного до слабо похилого профілю знижує втрати з 12,5 % до 3 %. Висока достовірність моделі підтверджена експериментально — відносна похибка не перевищує 3,6 %, що дозволяє використовувати запропоновану методику для прогнозування сегрегації магнетитових руд.

У четвертому розділі представлено результати промислових випробувань та економічне обґрунтування запропонованих рішень. Встановлено, що використання спіральної сепарації для подрешітних продуктів тонкого грохочення дозволяє отримувати концентрати із вмістом $\text{SiO}_2 < 2\%$ без флотації.

Експериментально підтверджено негативний вплив низьких температур: зниження температури пульпи до 5°C підвищує її в'язкість майже удвічі, що зумовлює падіння вилучення заліза на 11,54%. Розроблена технологічна схема, що базується на об'єднанні важкої фракції сепарації та зливу гідроциклонів, забезпечує отримання двох сортів високоякісного концентрату Fezag > 69,8%. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження технології становить 90,36\$ млн грн, що підтверджує високу практичну цінність дисертації.

У **висновках** узагальнено результати проведеного дослідження, підсумовано виконану роботу та наведено основні наукові й практичні положення, отримані в процесі дослідження.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Основні положення та результати дослідження були представлені й одержали схвалення на наукових семінарах кафедри збагачення корисних копалин і хімії Криворізького національного університету; на міжнародних науково-технічних конференціях «Розвиток промисловості і суспільства» (м. Кривий Ріг, 2025–2026 рр.), «I Всеукраїнська студентська науково-практична WEB конференція "Технології гірництва – виклики, перспективи, інновації» (м. Кривий Ріг, 2026р), «Future of science: innovations and perspectives. Proceedings of the 12th International scientific and practical conference». (Stockholm, Sweden. 2025).

Основний зміст дисертації опубліковано в 9 працях, зокрема: 5 статей – у фахових виданнях; 1 тези – в іноземному виданні, 4 тези – в науковому виданні України,

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Автор стверджує, що запропонований метод розрахунку ефективної в'язкості враховує морфологію (форму) частинок. Проте в тексті недостатньо розкрито, за допомогою яких саме кількісних коефіцієнтів або геометричних параметрів (сферичність, фактор форми) здійснюється цей облік у реологічних рівняннях, та як це впливає на похибку розрахунків для реальних рудних сумішей.
2. Автор зазначає, що для дрібних частинок <0,1 мм умови утрудненого руху настають за менших концентрацій, ніж для великих. Водночас у роботі недостатньо пояснено, як саме запропонована технологічна схема запобігає "винесенню" цих дрібних частинок магнетиту у хвосту через підвищену в'язкість середовища.
3. Які критерії використано для вибору моделей «твердих сфер» і «м'яких сфер» саме для магнетитових суспензій?
4. У роботі для більш детального розгляду впливу в'язкості суспензії на показники збагачення магнетитових руд розглянуто моделі залежності в'язкості від концентрації дисперсної фази. Чому жодна з моделей не

описує одночасно пластичну та псевдопластичну течію — чи є спроби їх комбінування?

5. Яку роль відіграє положення відсікача у спіральному сепараторі?

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії, Румницького Дмитра Олександровича, на тему «Обґрунтування технологічних параметрів гравітаційного збагачення магнетитових кварцитів у спіральних сепараторах», виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для спеціальності 184 – «Гірництво». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «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.

Здобувач, Румницький Дмитро Олександрович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 184 – «Гірництво» в галузі знань 18 – «Виробництво та технології».

Рецензент:

Кандидат технічних наук,
доцент кафедри збагачення
корисних копалин і хімії



ЗАСВІДЧУЮ:	
вчений секретар	
Криворізького національного	
університету	
М.Р. Худяк	
« 18 »	08 2026 р.

О.В. Булах

« 18 » серпень 2026 року