

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації на тему**
**«Обґрунтування технологічних параметрів гравітаційного збагачення
магнетитових кварцитів у спіральних сепараторах»**
здобувача наукового ступеня доктора філософії
Румницького Дмитра Олександровича
з галузі знань 18 Виробництво та технології
за спеціальністю 184 Гірництво

1 Актуальність теми дослідження.

Сучасний розвиток залізорудної промисловості характеризується стійкою тенденцією до зниження якості сировини та залученням у переробку бідних, тонковкраплених важко збагачувальних магнетитових кварцитів зі складним речовинним складом. Традиційні технології магнітного збагачення таких руд потребують глибокого подрібнення, що призводить до значного шламоутворення, збільшення собівартості обробки та зниження техніко-економічних показників виробництва. У цих умовах критично важливим напрямом є розвиток вискоефективних, ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій збагачення, здатних забезпечити комплексне вилучення дрібнодисперсних мінеральних частинок. Серед різноманіття гравітаційного обладнання особливе місце займає спіральна сепарація, яка є ефективним та низько затратним методом розділення тонковкраплених рудних матеріалів за густиною у складному потоці пульпи. Проте підвищення селективності цього процесу стримується недостатнім вивченням гідродинамічних закономірностей руху двофазних потоків та реологічних властивостей висококонцентрованих магнетитових суспензій, ефективна в'язкість яких суттєво залежить від температури, полімодального гранулометричного складу та форми мінеральних частинок. Одним із найбільш перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є застосування сучасних методів обчислювальної гідродинаміки та чисельного моделювання для точної оцінки процесів сегрегації частинок на робочій поверхні сепаратора. Тому обґрунтування технологічних параметрів гравітаційного збагачення магнетитових кварцитів у спіральних сепараторах на підставі встановлення закономірностей зміни ефективної в'язкості пульпи та гідродинамічних особливостей руху мінеральних частинок різної крупності й густини є актуальним науково-практичним завданням для гірничо-переробної галузі України.

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

Дисертацію виконано відповідно до пріоритетних 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, а саме: №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, сформульовано мету, об'єкт та предмет дослідження, завдання досліджень. Теоретичне обґрунтування виконано здобувачем особисто, за допомогою математичного моделювання, яке підтверджено експериментальними дослідженнями технології гравітаційного збагачення залізовмісних руд, для розробки нової технологічної схеми (АТ «ПІВДЕННИЙ ГЗК», ПРАТ «ЦЕНТРАЛЬНИЙ ГЗК»), що забезпечує значний економічний ефект та підвищує конкурентоспроможність виробництва, а також перевірі результати досліджень у лабораторних і промислових умовах.

1.3 Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій підтверджуються коректністю поставлених завдань, використанням ефективних апробованих методів їх розв'язання. 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 побудованих моделей для визначення закономірностей магнітної коагуляції підтверджено експериментальними даними. Розроблені математичні моделі магнітної коагуляції адекватно моделюють розподіл дисперсного складу нерудних домішок та магнетиту за критерієм Фішера зі ступенем ризику не більше 5%.

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

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

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 °C.

3 Вперше для прогнозування сегрегації частинок у спіральних сепараторах при збагаченні магнетитових руд розроблена методика моделювання спіральної сепарації, яка основана на застосуванні математичного апарата методів чисельної гідродинаміки за рахунок застосування ейлерової мультифлюїдної моделі VOF з урахуванням підйомної сили Бегнольда, що дозволило 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 в 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.

1.5 Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

За результатами досліджень опубліковано 9 наукових праць, серед яких: 1 стаття у періодичному виданні, включеному до наукометричної бази Scopus (категорія «А»), 4 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б» та 4 тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Стаття у періодичному виданні, включеному до наукометричної бази Scopus

[1] Oliynyk T., Rumnitsky D., Skliar L. (2025) Determination of the influence of pulp viscosity on the enrichment process of magnetite suspensions in screw

separators. *Technology audit and production reserves. Chemical and technological systems*, 1/3(81), 6-18. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.323268> (Scopus, Фахове видання категорії А).

Статті у фахових виданнях України

[2] Олійник Т.А., Румницький Д.О., Скляр Л.В. (2023) Сегрегація частинок при гравітаційній сепарації мінеральних агрегатів у водному середовищі. *Вісник Криворізького національного університету КНУ*. 21 (1), 47-54. <https://doi.org/10.31721/2306-5451-2023-1-56-47-54> (Фахове видання категорії Б).

[3] Oliinyk T., Rumnytskyi D., Skliar L. (2025) Practice of using spiral separators in magnetite ore dressing. *Geo-Technical Mechanics*, 172, 130-142. <https://doi.org/10.15407/geotm2025.172.130> (Фахове видання категорії Б).

[4] Олійник Т.А., Скляр Л.В., Румницький Д.О. (2025) Застосування математичного апарату обчислювальної гідродинаміки для дослідження процесів гравітаційного збагачення магнетитових руд у спіральних сепараторах. *Науковий Журнал Метінвест Політехніка. Серія: Технічні науки* 5. 277-287. <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-5-32> (Фахове видання категорії Б).

[5] Олійник Т.А., Скляр Л.В., Румницький Д.О., Шлапак В.О. (2025) Моделювання сегрегації частинок у спіральних сепараторах при збагаченні магнетитових руд. *Технічна інженерія* 2(96). 273-288. [https://doi.org/10.26642/ten-2025-2\(96\)-273-288](https://doi.org/10.26642/ten-2025-2(96)-273-288) (Фахове видання категорії Б).

Тези доповідей на міжнародних наукових конференціях

[6] Олійник, Т.А., Румницький Д.О., Скляр Л.В. (2025) Удосконалення технології отримання концентрату марки КЗВ. *Розвиток промисловості та суспільства. Матеріали міжнар. наук.-техн. конф. Кривий Ріг: КНУ*. – 2025, С. 10. <https://surl.li/zodjqx>

[7] Rumnytskyi, D., Oliinyk, T., Skliar, L. (2025) Research on the process of separating mineral particles of iron ore on the inclined surface of spiral separators. *Future of science: innovations and perspectives. Proceedings of the 12th International scientific and practical conference. SSPG Publish. Stockholm, Sweden*. 2025. Pp. 70-78. URL: <https://sci-conf.com.ua/xii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-future-ofscience-innovations-and-perspectives-6-8-10-2025-stokgolm-shvetsiya-arhiv>

[8] Румницький Д.О. Олійник Т.А., Скляр Л.В. (2025) Influence of operating parameters on the distribution of mineral. *Матеріали I Всеукраїнської студентської науково-практичної WEB конференції "Технології гірництва – виклики, перспективи, інновації"* Кривий Ріг: КНУ. – 2025. <https://drive.google.com/file/d/1zl0olt3fxe9vpnng28kixb88ev40gcax/view>

[9] Наука, промисловість, суспільство. *Матеріали міжнар. наук.-техн. конф. Кривий Ріг: КНУ*. – 2026, С. 17. <https://surl.li/uonihg>

Особистий внесок здобувача у наукових працях

[1] – проаналізовано моделі, в яких встановлено зв'язок між структурою та в'язкістю дисперсних систем, показано теоретичне обґрунтування реологічних рівнянь для мікрореологічних моделей; [2] – проведено аналіз механізмів сегрегації у процесі гравітаційної сепарації руди для розробки методики проведення досліджень із встановлення закономірностей процесу розділення частинок на похилій поверхні спіральних сепараторів; [3] – встановлено, що в'язкість пульпи та температура мають суттєвий вплив на процес збагачення пульпи магнетитової руди у спіральному гравітаційному сепараторі та досліджено вплив температури на ефективність вилучення заліза з концентрату; [4] – встановлена можливість використання методів обчислювальної гідродинаміки для моделювання процесу осадження мінеральних частинок у рідині та визначення швидкості їх падіння; [5] – Розроблено та науково обґрунтовано чисельну гідродинамічну модель спіральної сепарації магнетитових руд на основі ейлерового підходу VOF та моделі сил Багнольда, запропоновано нову формулу оцінки ефективності сегрегації частинок за густиною і доведено ефективність оптимізації геометрії профілю жолоба сепаратора, що забезпечило підвищення показників гравітаційного збагачення дрібних фракцій.

Висновок Відповідно до вимог п.8 Постанови КМУ № 44 від 12 січня 2022 року, наукові праці здобувач враховано у кількості 5 публікацій, за якими висвітлені результати дисертаційної роботи. Основні положення та результатів роботи повністю викладенні 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; на міжнародних науково-технічних конференціях «Розвиток промисловості і суспільства» (м. Кривий Ріг, 2025 р.), «І Всеукраїнська студентська науково-практична WEB конференція "Технології гірництва –виклики, перспективи, інновації» (м. Кривий Ріг, 2025), «Future of science: innovations and perspectives. Proceedings of the 12th International scientific and practical conference» (Stockholm, Sweden, 2025), «Наука, промисловість, суспільство» (м. Кривий Ріг, 2026).

1.7 Наукове значення виконаного дослідження

Наукове значення роботи полягає у розвитку теоретичних основ гравітаційного збагачення магнетитових руд у спіральних сепараторах шляхом поєднання експериментальних досліджень та чисельного моделювання. Запропоновано методику визначення ефективної в'язкості пульпи з урахуванням гранулометричного складу та форми частинок, що дозволяє пояснити розбіжності експериментальних даних. Розроблена

модель спіральної сепарації на основі методів обчислювальної гідродинаміки дала змогу встановити закономірності сегрегації мінеральних частинок та оцінити вплив геометрії жолоба на селективність процесу. Отримані результати створюють теоретичну основу для підвищення ефективності та оптимізації технологій збагачення тонких класів мінеральної сировини.

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

1.8 Практична цінність результатів дослідження

Практичне значення роботи полягає у можливості безпосереднього використання отриманих результатів для вдосконалення промислових технологій спіральної сепарації магнетитових руд. Розроблено методику кількісної оцінки явища сегрегації і виявити закономірності цього процесу з урахуванням чисельного моделювання гвинтової сепарації з визначенням чинників, які впливають на ефективність сегрегації мінеральних часток. Запропоновані методики розрахунку ефективної в'язкості пульпи та чисельного моделювання дозволяють оптимізувати режими роботи та конструктивні параметри спіральних сепараторів, зменшити втрати корисного компонента, підвищити якість концентратів і скоротити потребу у додаткових операціях (зокрема флотації). Впровадження нової технологічної схеми (АТ «ПІВДЕННИЙ ГЗК», ПРАТ «ЦЕНТРАЛЬНИЙ ГЗК») забезпечує значний економічний ефект та підвищує конкурентоспроможність виробництва. На підставі аналізу й синтезу результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень удосконалено технологію збагачення магнетитових. Використання спірального гравітаційного сепаратора при збагаченні магнетитових руд дозволяє знизити навантаження на подрібнення на 10-12 % та отримати концентрати з масовою часткою Fe заг більше 67 % та SiO_2 менш 2%. Річний економічний ефект від впровадження запропонованої технологічної схеми, яка передбачає об'єднання важкої фракції спіральної сепарації зі зливом гідроциклону, становить 90 355 061 грн. У результаті реалізації даної схеми забезпечується отримання високоякісного концентрату з виходом 50,32 %, у якому масова частка загального заліза становить 70,6 %, а масова частка SiO_2 - 1,98 %, а також другого товарного концентрату з виходом 49,68 %, що характеризується масовою часткою загального заліза 69,87 % та вмістом SiO_2 на рівні 3,22 %.

Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Текст дисертаційної роботи викладено грамотною, технічною мовою, логічно та послідовно. Структура дисертації, мова та стиль викладення відповідають вимогам, щодо оформлення дисертацій доктора філософії.

Застосована в роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. В цілому дисертація є закінченою 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 ухвалили:

2.1 Дисертація Румницького Дмитра Олександровича здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії «Обґрунтування технологічних параметрів гравітаційного збагачення магнетитових кварцитів у спіральних сепараторах» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано актуальне науково-практичне завдання, що полягає у розвитку теоретичних основ та розробці методики чисельного моделювання гравітаційного збагачення магнетитових руд у спіральних сепараторах на основі поєднання методів обчислювальної гідродинаміки та експериментальних досліджень, що дало змогу встановити закономірності сегрегації мінеральних частинок, оцінити вплив геометрії жолоба на селективність процесу і забезпечити підвищення ефективності збагачення тонких класів мінеральної сировини, що має важливе значення для галузі знань 18 Виробництво та технології за спеціальністю 184 Гірництво.

2.2 Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, рецензенти дійшли висновку, що дисертаційна робота Румницького Д.О. «Обґрунтування технологічних параметрів гравітаційного збагачення магнетитових кварцитів у спіральних сепараторах» є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

2.3 Основний зміст результатів дисертаційної роботи відображено в 5 наукових працях, в тому числі: 1 стаття у періодичному виданні, включеному до наукометричної бази Scopus, 4 статтях у фахових наукових виданнях та 4 матеріалах конференцій.

2.4 Дисертація відповідає вимогам до оформлення дисертацій, які затверджені наказом МОН України від 12.01.2017 № 40 зі змінам 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, який затверджено

постановою КМУ від 12.01.2022 № 44, зі змінами, внесеними Постановою КМУ від 21.03.2022 №341.

2.5 З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії Румницького Дмитра Олександровича дисертація «Обґрунтування технологічних параметрів гравітаційного збагачення магнетитових кварцитів у спіральних сепараторах» 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 запрошенні працівники Криворізького національного університету:

«ЗА» - одинадцять

«ПРОТИ» - не має

«УТРИМАЛИСЬ» - не має

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



Андрій КРИВЕНКО

21.05.2026 р.

Підпис	
ЗАСВІДЧУЮ:	
Учений секретар Криворізького національного університету	
	
« 21 » 05 20 26 р.	

