

## ВІДГУК

*офіційного опонента на дисертаційну роботу*

*Прядко Наталії Сергіївни*

*«Розвиток теорії тонкого подрібнення корисних копалин»*

представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.15.08 «Збагачення корисних копалин»

### **Актуальність теми дисертаційної роботи.**

Гірничо-збагачувальне виробництво є однією з провідних галузей промисловості України. Найбільш трудомісткою і енергоємною операцією при збагаченні є процеси дезінтеграції (дроблення і подрібнення) руд.

Технологічним завданням подрібнення на збагачувальних фабриках є розкриття мінералів тонковкраплених руд. Розкриття повинне здійснюватися при мінімальному перездрібнюванні вкраплень. На переподроблення додатково витрачається енергія, а що утворилися тонкодисперсні частки погіршують умови сепарації мінералів, що приводить до втрат корисного компонента. Зниження енергоспоживання при подрібненні корисних копалин завжди було актуальним завданням, оскільки цей процес енергоємний і впливає на собівартість продукції збагачувальних фабрик. При цьому необхідно постійно співвідносити гранулометричний склад здрібнених продуктів, від якого залежить ступінь розкриття вкраплень, і їхню питому поверхню, величина якої визначає енергоємність процесу. Всі ці обставини обумовлюють актуальність теми дисертації і наукової проблеми, яка вирішується в роботі, а саме, у встановленні закономірностей та механізму формування гранулометричного складу продуктів тонкого подрібнення для досягнення необхідної дисперсності продукту при мінімальному енергоспоживанні.

Робота виконана у відділі термогазодинаміки енергетичних установок Інституту технічної механіки Національної академії наук України й Державної космічної агенції України (ІТМ НАНУ і ДКАУ) і базовими темами для досліджень були держбюджетні теми Інституту, в яких автор була відповідальним виконавцем розділів: «Дослідження газодинаміки технічних систем щодо забезпечення їхнього надійного функціонування» № ДР 0107U001320; «Дослідження термогазодинаміки процесів газоструминного транспортування та обробки сипучих матеріалів» № ДР 0109U000341; «Дослідження термогазодинамічних процесів високоентальпійних керованих газових потоків щодо проблем створення нових і вдосконалених ракетно-космічних двигунів і енергетичних установок» № ДР 0111U000265.

Мета роботи витікає з вирішення проблеми і полягає у створенні цілісного уявлення процесу тонкого подрібнення корисних копалин для розробки



технології й обґрунтування технологічних і режимних параметрів процесу, що забезпечують зниження енергоємності одержання тонкодисперсних порошків.

### **Обґрунтованість та достовірність наукових положень дисертації, висновків, рекомендацій.**

Розроблені наукові положення та висновки базуються на значному обсязі експериментів, виконаних за допомогою сучасних методів дослідження. Використання відомих інформаційних методів і технологій для моделювання та ідентифікації режимів подрібнення дозволили одержати достовірну інформацію про оптимальні параметри процесу тонкого подрібнення корисних копалин. Інтерпретація експериментальних даних та їх теоретичне обґрунтування не суперечить основним сучасним уявленням збагачення корисних копалин.

Матеріали дисертації повно викладено в 104 наукових працях, що входять у відповідний перелік ДАК, у тому числі основних 49 роботах, з яких 12 надруковані у виданнях, що входять у наукометричні бази та у закордонних журналах. Автор одержала 8 патентів України на винахід, що свідчить про новизну розробок. Основні результати роботи пройшли апробацію на міжнародних наукових конференціях.

### **Наукова новизна положень дисертації.**

Н.С. Прядко доведено, що інтенсивність утворення нової поверхні при тонкому подрібненні твердих корисних копалин прямо пропорційна витраченій енергії й знижується при досягненні крупності продукту подрібнення критичної величини (15 - 25 мкм залежно від матеріалу), обумовленої підвищенням міцності часток.

Друге основне наукове положення стосується кінетика подрібнення фракцій матеріалу. Автором доведено експериментально незалежність подрібнення фракції крупності твердих корисних копалин у суміші, що є продовженням й розширенням тези відомого положення про незалежність кінетики подрібнення різноміцних руд у суміші.

Балансове моделювання підтвердило наступне наукове положення автора - продуктивність млина за готовим продуктом в замкнутому циклі подрібнення зростає пропорційно вмісту в млині класу, крупніше контрольного.

Створення наукових основ акустемісійного моніторингу струминного подрібнення та перевірка їх в умовах лабораторних і промислових тестів дозволило Прядко Н.С. доказати ще два наукових положення:

- величина знову утвореної питомої поверхні прямо пропорційна кількості малоамплітудних (до десятка мілівольт) сигналів і обернено пропорційна максимальним (порядку сотень мілівольт) значенням амплітуд акустичних сигналів, що виникають при руйнуванні рудних часток;



- процес тонкого подрібнення корисних копалин визначається комплексом технологічно-акустичних критеріїв, які пов'язують продуктивність, дисперсність, енергоємність із амплітудно-частотними характеристиками сигналів, що виникають при руйнуванні рудних часток і дозволяють визначити раціональні режимні параметри для досягнення максимального технологічного ефекту.

**Наукова значимість дисертаційної роботи** полягає у встановленні енергетичних і кінетичних закономірностей тонкого подрібнення корисних копалин. Автором розроблений новий підхід для дослідження процесу подрібнення, що базується на зв'язках акустичних параметрів з технологічними параметрами струминного подрібнення. При цьому вперше отримано теоретичні й експериментальні залежності, які характеризують зв'язок питомої поверхні, гранулометричного складу матеріалу, що подрібнюється, продуктивності млинів з акустичними параметрами процесу подрібнення.

#### **Практична значимість дисертаційної роботи.**

Використання методів інформаційних технологій для діагностики режимів подрібнення дозволило розробити принципи оптимізації струминного подрібнення. Проведенні теоретичні дослідження перевірено в процесі подрібнення в умовах лабораторних та промислових струминних млинів.

#### **Аналіз змісту дисертації**

Дисертаційна робота складається зі вступу, шости розділів, висновків, списку використаних джерел (130 найменування), 8 додатків. Основний зміст викладений на 274 сторінках й включає 111 рисунків і 26 таблиць.

У **вступі** Прядко Н.С. обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовані мета і задачі досліджень, викладені наукові положення та наукова новизна, а також практична значимість отриманих результатів, наведені дані про особистий внесок, публікації та апробацію наукових розробок. Слід відмітити, що серед поставлених задач немає задачі аналізу стану питання щодо дослідження у вітчизняних та закордонних джерелах розробок з напрямків роботи.

В **першому розділі** проведено аналіз теоретичних і експериментальних результатів щодо подрібнення матеріалів у барабаних, струминних млинах, який показав, що процес носить імовірний характер і залежить від фізико-механічних властивостей даної руди. Розглянуті методи моделювання та особливості використання методу акустичної емісії щодо процесу триціноутворення при навантаженні матеріалів.

В **другому розділі** наведені теоретичні розробки автора щодо особливостей енергетичного аналізу тонкого подрібнення, особливості кінетики зміни гранулометричного складу матеріалів в процесі подрібнення. Доведені перші два наукових положення.



**В третьому розділі** розкриті декілька підходів до моделювання тонкого подрібнення з позицій балансового, імітаційного та стохастичного моделювання. Всі ці моделі об'єднані бажанням розглянути процес подрібнення, як зміну крупності матеріалу, що подрібнюється у замкнутому циклі. Складний процес розглянуто з різних базисних положень, але це дало змогу вирішити другу задачу досліджень. Нажаль, не зовсім чітко з'ясовано мету створення кожної моделі.

**В четвертому розділі** проаналізовано результати досліджень автора з теорії та практичного застосування акустичного моніторингу струминного подрібнення, як найбільш динамічного способу тонкого подрібнення. Автором встановлені зв'язки технологічних і акустичних параметрів процесу струминного подрібнення. Особливу увагу приділено ідентифікації режимів на основі результатів акустичного моніторингу. На рис. 9 в авторефераті і рис. 4.9 у тексті роботи показано вплив режиму завантаження струменів на продуктивність млина. Як відомо, продуктивність пов'язана із крупністю здрібненого (готового) продукту. Не зрозуміло в наведеному прикладі, при яких технологічних параметрах розглянуто процеси подрібнення, що крім режимів завантаження ще змінювалось. Таким чином, без вказівки крупності та технологічних параметрів інформація рис.9 не має цінності.

На основі експериментальних досліджень автором встановлено аналітичний враз залежності активності акустичних сигналів від продуктивності млина у робочих режимах подрібнення шамоту (рис. 4.10). Слід було простежити виконання залежності для інших матеріалів, чи зберігається її характер.

Встановлено, що характеристики акустичних сигналів процесу подрібнення залежать від тиску й температури енергоносія (підрозділ 4.5). У свою чергу ці параметри несуть інформацію про процеси, що відбуваються у млині, але в авторефераті це майже не відображено.

**П'ятий розділ** містить рішення з розробки інформаційної технології тонкого подрібнення. Наведено методи візуалізації й ідентифікації процесу подрібнення на основі використання нейромережевого методу, вейвлет та енергетичного аналізу акусто-емісійних сигналів зони подрібнення та класифікації, що дозволило контролювати режими роботи млина й вибрати оптимальне його завантаження.

**Шостий розділ** включає розробки й пропозиції щодо практичної реалізації акустичної оптимізації тонкого подрібнення, оцінки роботи млина за технолого-акустичними й енергетичними критеріями і параметрами. Запропонована система оптимізації струминного подрібнення захищена 4 патентами України на винахід і випробувана в промислових умовах



подрібнення циркону, одержавши підтвердження актом впровадження. На прикладі роботи промислового струминного млина з одержанням цирконового концентрату крупністю 63 мкм встановлено зниження енергоспоживання в 2-2,5 рази шляхом оптимізації завантаження струменів енергоносія і підтримки на мінімальному рівні питомої поверхні готового продукту.

До недоліків дисертаційної роботи слід віднести:

- у висновках відсутня інформація про зв'язок досліджень, що наведені в роботі з суміжними галузями науки, такими, як аероакустика, механохімія, або про широке коло наукових напрямлень, що затронуті в дисертаційній роботі;

- серед поставлених задач немає задачі аналізу досліджень вітчизняних та закордонних вчених щодо напрямків роботи, хоча цей аналіз проведено в першому розділі;

- недостатньо повний список умовних позначень та скорочень, по тексту дисертації зустрічаються неописані параметри, індекси;

- автором встановлені зв'язки технологічних і акустичних параметрів процесу струминного подрібнення. Показано, що застосування вейвлет-аналізу та перетворення Гільберта-Хуанга до акустичних сигналів дозволяє контролювати дисперсність продукту і режими подрібнення на базі результатів акустичного моніторингу процесу. Але в авторефераті це майже не відображено, як і використання коефіцієнтів Херста (стор. 228 та додаток Ж);

- не показані залежності характеристик сигналів від тиску, температури енергоносія, представлені лише види запису сигналів (рис. 4.13-4.14);

- на рис. 9 в авторефераті і рис. 4.9 показано вплив режиму завантаження струменів на продуктивність млина. Як відомо, продуктивність пов'язана із крупністю здрібненого (готового) продукту. Таким чином, без вказівки крупності інформація рис. 9 не має цінності;

- у висновках відсутня інформація про зв'язок досліджень, що наведені в роботі зі суміжними галузями науки, такими, як аероакустика, механохімія, або про широке коло наукових напрямлень, що затронуті в дисертаційній роботі.

- недостатнє коментування одержання формул (с. 106, 134);

- не скрізь є розкриття умовних позначень (с. 23 автореферату);

- не завжди вказані розмірності параметрів у формулах (с. 7 автореферату, 173с. тексту);

- немає чіткої кореляції завдань і результатів у висновках, тобто повноти виконання мети й завдань. Доцільно би у виводах дати пункт про виконання мети й завдань;



- у науковій новизни декларується (с. 3, пп. 3) "одержання нового методу оптимізації технології..". Однак оптимізаційного завдання й тим більше математичного методу її рішення (знаходження екстремуму) в авторефераті не наведено. Не зрозуміло, який зміст вкладає автор у поняття оптимізації процесу;

- не зовсім коректна назва рис. 17 (с.25.) у авторефераті і рис. 5.7, 5.8 в тексті дисертації як "Алгоритм...". Це скоріше схема, бо алгоритм вимагає однозначності переходу між етапами (блоками). А на наведених малюнках окремі блоки мають безліч входів, виходів, переходів і т.п.;

- дуже стисле коментування формул, не завжди зрозумілий хід одержання того чи іншого виразу (наприклад, с. 106, 127, 131); не скрізь вказані розмірності в формулах (стор.7 автореферату), що робить важким встановлення зв'язку формул із рисунком.

**Загальні висновки** по дисертації відповідають її змісту, конкретно і стисло висвітлюють основні наукові результати.

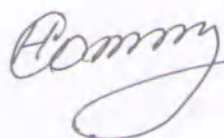
Дисертаційна робота Н.С. Прядко в цілому являє собою закінчену наукову роботу, в якій отримані нові наукові результати, що у сукупності є цінним внеском у розвиток теорії та практики тонкого подрібнення корисних копалин.

Матеріали дисертаційної роботи викладені логічно, послідовно. Розділи та підрозділи закінчуються аргументованими висновками. Задачі досліджень у кожному розділі обґрунтовані та вирішені доволі повно. Зроблені зауваження не знижують значущості головних отриманих наукових результатів.

Зміст автореферату відповідає змісту дисертації. Основні результати дослідження повністю опубліковані у фахових виданнях.


За змістом та оформленням дисертаційна робота відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України щодо докторських дисертацій, а її автор – Прядко Наталія Сергіївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.15.08 – збагачення корисних копалин.

Офіційний опонент –  
д.т.н., проф. член-кореспондент  
академії Гірничих наук України  
Кременчуцький національний університет  
імені Миколи Остроградського  
Міністерства освіти і науки України

 М. І. Сокур

Підпис Сокура М. І. ЗАСВІДЧУЮ  
Вчений секретар



  
Т. Ф. Козловська