

ВІДГУК
офіційного опонента Петренка Володимира Дмитровича
на дисертацію **Бабій Катерини Василівни**
«ГЕОМЕХАНІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДЗБАГАЧЕННЯ РУДИ
В ГЛИБОКИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальностями 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка» та
05.15.03 – «Відкрита розробка родовищ корисних копалин»

1. Актуальність науково-технічної проблеми, яку вирішує авторка в дисертації.

Гірничо-металургійний комплекс з 1995 по 2010 рік був одним із головних експортерів продукції, виробленої в Україні, і забезпечував значну величину валютних надходжень до держави. Висока інтенсивність видобутку руди призвела до виїмки значних об'ємів порід розкриття, збільшення одиничної потужності обладнання, пониженню гірничих робіт, що спричинило підвищення собівартості концентрату. В умовах Кривбасу при інтенсивному зниженні гірничих робіт, крім складностей видобутку корисної копалини, з'являється додаткова проблема підвищення якісних показників рудної маси, тому що відбувається збіднювання руди при її видобутку. Розробка рудних родовищ відкритим способом супроводжується втратою якості сировини: зниженням вмісту корисного компонента у видобутій рудній сировині в порівнянні з вмістом його в масиві. До підвищеного збіднювання руди призводить складна геологічна будова родовищ, використання в видобувному вибої екскаваційної техніки з великою місткістю ковшів і наявність у робочих уступах породних прошарків потужністю до 10 м, які відповідно до галузевої інструкції, визначають як корисну копалину. Окрім того, при проведенні вибухових робіт змішуються рудні породи з породами розкриття та мають різну шматкуватість, що ускладнює їх селективне вилучення.

Збіднювання руд суттєво впливає на збільшення енерговитрат на транспортування пустих порід до збагачувальної фабрики, їх переробку через дроблення, дрібнення та збагачення, а більше всього на утилізацію відходів. Так на збагачувальній фабриці в процес переробки мінеральної сировини при подрібненні і на всіх наступних операціях додається вода, головною функцією якої є транспортування частинок суміші, мінералів. Витрати води в ГЗК'ах коливаються від 2 м³ на 1 т вихідної руди до 20 м³/т і більше. Це означає, що для транспортування 1 т рудної маси (0,25...0,4 м³ руди) треба качати, перекачувати, відправляти в хвостосховище в середньому 10 т води, а потім повернути їх на фабрику у вигляді оборотної води. Іншими словами: щоб виділити 0,3 м³ руди перекачують 20 м³ води по системі трубопроводів. Цей технологічний процес дуже енергоємний. До цього треба додати капітальні та експлуатаційні витрати на утримання пульповодів, водоводів і насосів, які піддаються швидкому корозійному і механічному зносу. Для отримання концентрату наступними енергоємними процесами є зневоднення, фільтрування і сушіння руди до вологості 1,5...2% – 5...7%.

Згідно практичним дослідженням щодо енергоємності технологічних процесів на видобуток руди в кар'єрі витрачається електроенергії в середньому

7,4 кВт·год/т. При застосуванні циклічно-потокової технології і крупного механічного дроблення в кар'єрі – 8,5 кВт·год/т; магнітну сепарацію близько 0,8-1,0 кВт·год/т. У той же час на інші стадії збагачення (особливо велику питому вагу займає подрібнення і перекачування хвостів) витрачається близько 42 кВт·год/т. Таким чином ідея роботи, яка полягає у використанні встановлених закономірностей зміни показників корисного компоненту і шматкуватості в рудній масі під впливом буро-підривних робіт і сухої магнітної сепарації для управління якістю рудного вантажопотоку через відокремлення безрудних порід і корисної копалини безпосередньо в кар'єрі є перспективним напрямком, а його рішення через розвиток геомеханічних основ технології передзбагачення руди в глибоких залізрудних кар'єрах з урахуванням закономірностей зміни гранулометричного складу і показників рудного потоку від геомеханічних, геологічних, технічних та технологічних параметрів видобутку під впливом вибухового руйнування та сухої магнітної сепарації і розробка способів видобутку і переробки скельних порід розкриття є **актуальною науковою проблемою** в області геомеханіки відкритої розробки залізрудних родовищ, що має важливе значення для підвищення ефективності гірничодобувних підприємств через застосування сучасних ресурсо- і енергозберігаючих технологій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі анотації, вступу, семи розділів з переліком використаних джерел, загальних висновків і 17 додатків. Загальний обсяг роботи становить 489 сторінок, зокрема: основний текст роботи – 312 стор., список використаних джерел, що містить 198 найменувань, – 43 стор., додатки – 69 стор., вступна частина – 33 стор., таблиці і рисунки, які займають цілу сторінку, – 32 стор.

2. Для вирішення проблеми дисертантом поставлені і вирішені наступні наукові завдання:

1. Встановлені залежності параметрів потоку рудної маси від геологічних, технічних і технологічних факторів видобутку руди.

2. Обґрунтовано попередню підготовку рудної маси до переробки через регулювання гранулометричного складу гірської маси.

3. Встановлено вплив застосування в кар'єрі сухої магнітної сепарації на зміну параметрів вантажотransпортного зв'язку, систем розробки, схем розкриття та обладнання технологічного комплексу.

4. Встановлена залежність зміни коефіцієнту запасу стійкості для техногенних укосів видобувного блоку складної геологічної будови від геологічних, геомеханічних і технічних параметрів.

5. Розроблена методика розрахунку енергоємності технологічних процесів видобутку залізних руд та обґрунтовано енергозбереження при застосуванні технологічних схем технології передзбагачення.

6. Розроблена методика коригування виробничої потужності кар'єру і продуктивності розкривного комплексу при застосуванні технології передзбагачення руди в кар'єрі.

7. Розроблені нові технічні рішення щодо вдосконалення технології передзбагачення руди в кар'єрі та створені нові способи видобутку й переробки, оцінена економічна ефективність і перспектива розвитку досліджень.

3. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

1. На підставі встановлених закономірностей зміни гранулометричного складу і якісних показників рудного потоку від геомеханічних, геологічних, технічних і технологічних параметрів процесів видобутку корисних копалин розвинуті геомеханічні основи технологій передзбагачення руди в глибоких залізгорудних кар'єрах.

2. Вперше встановлені залежності коефіцієнта запасу стійкості техногенних укосів видобувного блоку від кута падіння контактної зони та потужності безрудного прошарку, аналіз яких дозволив встановити, що його мінімальні значення можна отримати при кутах падіння безрудного прошарку в межах 35...45 градусів до площини виїмки гірської маси і при потужності безрудного прошарку до 3 м.

3. Вперше встановлено закономірності збіднювання рудного потоку і втрат корисної копалини під впливом гірничо-геологічних умов розробки, технічних характеристик устаткування, технологічних параметрів видобутку, що дозволило розробити і обґрунтувати нові способи видобутку й переробки залізних руд.

4. Вперше розроблена класифікація контактних зон «руда – вміщуючі породи» за геологічними та технологічними ознаками, яка дозволяє оцінити міру засмічення рудної маси і обсяг втрат корисної копалини.

5. Вперше визначені аналітичні залежності продуктивності збагачувальної фабрики від встановленого взаємозв'язку виробничої потужності кар'єру, продуктивності розкривного комплексу і комплексу передзбагачення руди в кар'єрі.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується використанням апробованих методів дослідження; експериментальним підтвердженням впливу контактної зони порід різної міцності на гранулометричний склад матеріалів руйнування; задовільною збіжністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень щодо впливу фізико-механічних властивостей на енергоємність виробничих процесів з високим коефіцієнтом детермінації; результатами впровадження в проектні роботи.

Наукове значення роботи полягає в розробці геомеханічних основ технологій передзбагачення руди в глибоких залізгорудних кар'єрах на підставі встановлених закономірностей зміни гранулометричного складу і якісних показників рудного потоку від гірничо-геологічних умов розробки, технічних характеристик устаткування, технологічних параметрів видобутку і переробки під впливом дії вибухового руйнування та сухої магнітної сепарації в кар'єрі в залежності від об'єму гірських порід, який перероблюється, що дозволяє підвищити виробничу потужність гірничих підприємств і економічну ефективність їх роботи.

Практичне значення роботи:

1. Розроблені рекомендації щодо створення дослідно-промислової ділянки технології передзбагачення руди на Інгулецькому кар'єрі.

2. Розроблена методика коригування виробничої потужності кар'єру і

продуктивності розкривного комплексу при застосуванні технології передзбагачення руди в кар'єрі.

3. Розроблено технологічні схеми видобутку і переробки залізорудної сировини на кар'єрах Кривбасу: Першотравневому, Петровському, Артемівському.

4. Розроблена методика розрахунку енергоємності технологічних процесів видобутку залежно від фізико-механічних властивостей порід і технічних параметрів обладнання і обґрунтовано енергозбереження технологічних схем з передзбагаченням залізних руд.

Реалізація роботи. Результати досліджень упроваджувались в проектах: ДП «ДП «КРИВБАСПРОЕКТ» та ТОВ «Южгіпроруда».

Результати дисертаційної роботи достатньо апробовані доповідями на міжнародних науково-технічних конференціях, семінарах та технічних нарадах підприємств.

Зв'язок роботи з науковими темами, програмами, планами. Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідних робіт відділу геомеханічних основ технологій відкритої розробки родовищ в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України відповідно до планів НДР, затверджених Постановами бюро Відділення механіки НАН України, в яких дисертант брала безпосередню участь як відповідальний виконавець. За напрямком досліджень здобувач отримала Грант Президента.

4. Відповідність змісту автореферату і дисертаційної роботи та висвітлення результатів роботи в наукових виданнях

Зміст та структура автореферату ідентично відображають викладені в дисертації дослідження, основні наукові результати та висновки.

Перший розділ присвячений аналізу стану проблеми розвитку перспективних напрямків технології відкритої розробки залізорудних родовищ, крім того виконані дослідження щодо досягнень в галузі буро-підривних робіт, стійкості техногенних об'єктів, щодо випадків використання попереднього збагачення на залізорудних підприємствах, щодо визначення виробничої потужності кар'єрів.

Другий розділ вміщує результати досліджень щодо підготовки гірської маси за гранулометричним складом. Досліджені умови виїмки гірської маси з видобувних блоків складної геологічної будови, запропоновані вдосконалення до підривних робіт. Обґрунтована зміна коефіцієнту запасу стійкості видобувного блоку з безрудними прошарками, та встановлені їх залежності від геологічних та технологічних параметрів. Встановлені залежності коефіцієнту засмічення руди від геологічних, технічних, технологічних параметрів видобутку.

Третій розділ присвячений теоретичним дослідженням розвитку технології передзбагачення руди в кар'єрі: обґрунтування параметрів процесів видобутку й переробки, формування технологічних комплексів, організація вантажопотоків (рудного і розкривного), формування маршрутів транспортування вантажів, сумісність технології передзбагачення руди в кар'єрах з існуючими системами розробки для горизонтальних, похилих та крутопохилих покладів, застосування стаціонарних, напівстаціонарних і пересувних комплексів, розроблена базова технологічна схема.

Четвертий розділ надає результати досліджень щодо енергоємності технологічних процесів технології видобутку і переробки корисної копалини. Виконані дослідження енергоємності різних технологічних схем, за якими зроблено зіставлення і доведено, що запропонована технологія передзбагачення руди в кар'єрі є енергозберігаючою.

В п'ятому розділі виконані дослідження щодо впливу комплексу передзбагачення на виробничу потужність кар'єру, продуктивність розкривних робіт. Визначені аналітичні залежності продуктивності збагачувальної фабрики від встановленого взаємозв'язку виробничої потужності кар'єру, продуктивності розкривного комплексу і комплексу передзбагачення руди в кар'єрі.

До шостого розділу включені практичні результати щодо розробки технологічних схем видобутку і переробки залізорудної сировини, які рекомендовані для створення спеціальної науково-виробничої ділянки на кар'єрах Кривбасу: Першотравневому, Петровському, Артемівському. Наведені рекомендації щодо розташування на внутрішньо кар'єрних перевантажувальних пунктах обладнання при використанні технології передзбагачення руди в кар'єрі, що підтверджується багатьма актами проектної реалізації з Додатків.

В сьомому розділі приведені дослідження щодо економічного обґрунтування застосування комплексу попереднього збагачення для скельних порід розкриття Петрівського кар'єру ЦГЗК. Виконаний розрахунок очікуваного економічного ефекту від використання нового способу.

5. Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях

У здобувача опубліковано загалом 84 праці, з яких 69 після захисту кандидатської дисертації. З теми дисертації опубліковано 50 праць, у тому числі 8 публікацій у закордонних виданнях Казахстану, Росії та України у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз, 1 монографія, 4 патенти, 26 наукових статей у фахових виданнях, 11 в матеріалах конференцій.

6. Редакційний аналіз

Робота викладена послідовно і є логічно завершеною. Оформлення роботи відповідає вимогам ДСТУ – 3008 – 95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення». Назва роботи цілком відповідає її змісту. Обсяг дисертації та автореферату відповідає встановленим нормам.

7. Дискусійні положення та зауваження по дисертаційній роботі

Позитивно оцінюючи в цілому виконану роботу, вважаю необхідним зробити ряд зауважень і поставити декілька запитань, з приводу яких хотілося б почути думку авторки:

1. В анотації роботи та в розділі 6 (стор. 366) наведений приклад зменшення в середньому в 5,3 рази втрат корисної копалини з посиланням на таблицю 6.3 та рисунок 6.3. На мій погляд, з аналізу наведених даних виходить, що такий висновок недостатньо обґрунтований, оскільки він відповідає тільки для передзбагачувального комплексу, що працює з некондиційними рудами, а за безрудними породами не відповідає.

2. На стор. 46 дисертації після аналізу погіршення умов роботи залізничного та автомобільного транспорту авторкою зроблений висновок, що на глибоких кар'єрах економічна доцільність видобувних робіт вирішується за допомогою застосування ЦПТ або ПТ. Такий висновок є тривіальним і необхідно було відмітити додавання розроблених положень авторки про технології передзбагачення руди в кар'єрі.

3. На стор. 54 авторкою дисертації наведена така теза: «Аналіз наведених досліджень та способів вдосконалення буро-підричних робіт довів, що вони (відомі фахівці в області буро-вибухових робіт) практично всі присвячені монолітним, водонасиченим, абразивним або тріщинуватим породам, і досить обмежено для уступів зі складною геологічною будовою. Тому особливо цікавим був досвід Центральної науково-дослідної лабораторії Навоїйського гірничо-металургійного комбінату Республіки Узбекистан та інших».

Хотів би відмітити, що велика кількість видатних вчених, як в державах бувшого СРСР, так і за кордоном, провела значні роботи з інтенсифікації вибухових робіт в рудах і породах з найскладнішими гірничо-геологічними умовами і отримали відповіді на багато технологічних питань, в тому числі і по «суперподрібненню». Крім того, приклад з Навоїйським ГМК не зовсім коректний, оскільки на ньому умови видобутку та збагачення суттєво відрізняються від залізрудних.

4. Розглядаючи попереднє збагачення на стор 65 дисертації, авторка висунула недостатньо коректний висновок, який полягає в наступному: «Щодо залізних руд це питання (попереднє збагачення) залишається відкритим, так як про перспективність напрямку говорять багато фахівців, на збагачувальній фабриці (ЗФ) впроваджують СМС, конструктори розробляють обладнання щодо сепарації великих шматків гірської породи, але немає технології, яка б об'єднала зусилля вчених і конструкторів, щоб проектувальники могли її запроектувати, а виробники – впровадити».

На мій погляд, авторці слід було б висловитися, що в її роботі та доповідях, зроблених на науково-технічних радах проектних інститутів, така технологія запропонована та аргументована, але її реалізація повинна мати державний підхід та відповідну допомогу.

5. На стор. 67 дисертації, на мій погляд, зроблений помилковий висновок, а саме: «Практично у всіх гірничодобувних країнах світу з давніх часів і до сьогоднішнього часу застосовується ручне сортування руди великошматкового матеріалу». Можна погодитися, що на вугільних шахтах така ручна породовідбірка застосовується, але не на багатьох інших гірничодобувних підприємствах.

6. Особливої уваги заслуговує огляд деяких положень по буро-вибухових роботах. Так, за велику кількість років вченими і виробничниками України, в тому числі і Кривбасу, розроблено і реалізовано велику кількість методів та способів вибухового руйнування гірських порід. Авторка дисертації з урахуванням існуючого стану робіт пропонує свій варіант управління дробленням гірського масиву складної структури за рахунок спеціальної конструкції свердловинного заряду, тобто за рахунок використання (розміщення) потужного заряду ВР – кумулятивного, в зоні розміщення пустої породи. Виконати це в промислових

умовах достатньо складно. Більш того, площа порід, що руйнується «спеціальним» зарядом, в декілька разів менше пустих порід поміж рядами свердловин. Крім того, під час вибуху може здійснитися збіднення корисної копалини.

Не зовсім зрозумілим є варіант ускладненої конструкції свердловинного заряду в поліетиленовому рукаві з ребрами жорсткості. Авторка вказує на можливість таким чином зниження вибухового навантаження на масив, що на мій погляд є проблематичним. Крім того, при формуванні заряду такої конструкції виконати заповнення інертним матеріалом кумулятивні виїмки дуже складно. Тому ця конструкція має технологічні складнощі.

7. Висновок на стор. 236 в таблиці 3.4 про недостатню обґрунтованість технологічної схеми потокової технології на дослідно-промисловій ділянці на кар'єрі № 1 ЦГЗКу з використанням екскаватору ЕКГ-20 та дробільно-перевантажувального агрегату ДПА-2000 не є достовірним, оскільки на цьому об'єкті були реалізовані, хоча і з деякими складнощами, всі основні положення як по переробці, так і транспортуванню, включно не тільки вантажно-переробне обладнання, але й стрічковий конвеєр та відвалоутворювач великої потужності.

8. На стор. 240 наведено підрозділ 3.7 невеликого обсягу під назвою «Формування основних теоретичних положень технології передзбагачення руди в кар'єрі». На мій погляд, складу цього підрозділу недостатньо теоретичних розробок.

9. На стор. 257-258 наведені дані по енергоємності буріння, представлені в монографії Тангаєва І. А., яка видана в 1978 році. В теперішній час енергоємність буріння, особливо станками типу Atlas-Copco із зануреними пневмоударниками, що застосовуються в Кривбасі, суттєво відрізняються і тому, на мій погляд, не можна орієнтуватися на вказану роботу. Крім того, енергоємність визначається не лише за коефіцієнтом міцності проф. М. М. Протод'яконова.

10. Розділ дисертації, що присвячений моделюванню процесу руйнування масиву складної будови, який надається для підтвердження теоретичних посилок авторки, викликає таке зауваження. Авторка посилається на роботу Л. И. Барона та Г. П. Личели «Трещиноватость горных пород при взрывной отбойке» (Москва: Недра, 1966. – С. 104), в якій вказується на необхідність підривання не менше 2-3 моделей одного типу. Аналогічні вимоги під час вибуху викладено в монографії Е. І. Єфремова та ін. «Основы и методы взрывного дробления горных пород» (Київ: Наукова думка, 1979. – С. 81). По наданому питанню є деякі недопрацювання.

11. На стор. 438 в «Методике...» (Додаток В) п. 2.2.4 запропоновано: «кондиционные руды с высоким содержанием полезного компонента рационально подвергать всем трем стадиям дробления». Оскільки це пов'язано з величезними капітальними вкладеннями, це питання є дискусійним.

12. На стор. 450 в Додатку Г вказано, що «Увеличение энергии взрыва в практических условиях при взрывной отбойке достигается увеличением удельного заряда ВВ или выбором нового типа повышенной мощности (табл. 1)». Разом з тим, в таблиці наведені всі вибухові речовини застарілого типу і надано назви нових емульсійних ВР без характеристик, які практично повністю використовуються в останні роки на кар'єрах Кривбасу.

8. Загальна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота **Бабій Катерини Василівни** на тему «**Геомеханічні основи технології передзбагачення руди в глибоких залізрудних кар'єрах**», є завершеною науково-дослідною роботою щодо вирішення актуальної наукової проблеми: розвитку геомеханічних основ технологій передзбагачення руди в глибоких залізрудних кар'єрах, яке полягає у встановленні закономірностей зміни гранулометричного складу і показників рудного потоку від геомеханічних, геологічних, технічних та технологічних параметрів видобутку під впливом вибухового руйнування та сухої магнітної сепарації, що дозволило розробити нові технологічні схеми та способи видобутку і переробки мінеральної сировини в глибоких залізрудних кар'єрах, впровадження яких дозволило отримати очікуваний економічний ефект від використання способу передзбагачення порід розкриття з магнітною складовою у сумі більше ніж 27 млн. грн. в рік, що має суттєве значення для підвищення ефективності гірничодобувних підприємств.

Викладені зауваження не впливають на позитивну оцінку дисертації. Дисертація відповідає паспортам спеціальностей 05.15.09 – «Геотехнічна і гірничая механіка» та 05.15.03 – «Відкрита розробка родовищ корисних копалин».

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми та відкриває новий науковий напрямок, відповідає вимогам пунктів 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів» від 24 липня 2013 р. № 567, а її авторка, **Бабій Катерина Василівна** за рішення актуальної наукової проблеми розвитку геомеханічних основ технології передзбагачення руди в глибоких залізрудних кар'єрах, яка полягає у встановленні закономірностей зміни гранулометричного складу і показників рудного потоку від геомеханічних, геологічних, технічних та технологічних параметрів видобутку під впливом вибухового руйнування та сухої магнітної сепарації, що дозволило розробити нові технологічні схеми та способи видобутку і переробки мінеральної сировини в глибоких залізрудних кар'єрах заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальностями 05.15.09 – «Геотехнічна і гірничая механіка» та 05.15.03 – «Відкрита розробка родовищ корисних копалин»

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри мостів та тунелів
Дніпровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна
Міністерства освіти і науки України

