

До спеціалізованої
вченої ради
Д 09.052.02
Криворізького національного
університету

ВІДГУК

офіційного опонента Соболевського Руслана Вадимовича
на дисертаційну роботу Азаряна Володимира Альбертовича
«Технологічно-теоретичні засади управління якістю залізистих
сировини генералізованого комплексу рудопотоків гірничо-збагачувальних
комбінатів», спеціальність 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних
копалин.

Актуальність теми дисертації.

Основою для металургійного виробництва є рудний концентрат, якість якого у значній мірі залежить від характеристик рудопотоку, що надходить до збагачувальної фабрики.

Якість концентрату, що випускається окремим ГЗК, має суттєвий вплив на його ціну, а якість кінцевої продукції залежить від характеристики фінального рудопотоку, що надходить на збагачувальну фабрику. Забезпечення оптимальних режимів збагачення, при яких можна отримати концентрат відповідної якості, досягається формуванням фінального рудопотоку комбінату з заданими показниками вмісту корисного компонента в гарантованому діапазоні амплітудних коливань.

Тому формування фінального інтегрованого рудопотоку гірничо-збагачувального комбінату з плановим рівнем якості руди та стабілізацією амплітудних коливань вмісту корисного компонента є актуальною науковою проблемою та потребує проведення відповідних досліджень з метою обґрунтування теоретичних та технологічних засад управління сировинною якістю генералізованого комплексу рудопотоків залізистих ГЗК.

Ідея роботи полягає у генералізації управління якістю фінального рудопотоку у вигляді об'єднання всіх засобів контролю, сортування і мікширування руд в єдину, технологічно домінуючу в масштабі всього ГЗК систему, підпорядковану загальній цільовій алгоритмізації.

Реалізацію ідеї роботи досягнуто за рахунок отримання залежностей точності контролю якості від властивостей гірських порід в умовах відкритих гірничих робіт, залежностей прогнозного прибутку від амплітуди коливань вмісту корисного компонента рудопотоку та від періоду опробування забоїв кар'єру; обґрунтування концепції, функціональної та структурної схеми технології управління якістю залізистих сировини генералізованого комплексу рудопотоків, та обґрунтування комплексного критерію оцінки ефективності формування фінального рудопотоку F_1 ; а також розробки мобільного дробильно-сортувального комплексу з відповідним теоретичним обґрунтуванням, побудовою функціональних схем і алгоритмів його роботи.

Тому дисертаційну роботу Азаряна В.А. і виконаний їм обсяг досліджень вважаю безумовно актуальними, та такими, що мають важливе науково-практичне значення для підвищення конкурентоспроможності залізорудних гірничо-збагачувальних комбінатів України.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- уперше сформульовано й обґрунтовано ідею застосування в масштабах ГЗК технології управління якістю залізовмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків на основі поєднання усіх засобів контролю якості, сортування і шихтовки.
- уперше встановлено і теоретично обґрунтовано вплив періоду якісного опробування забоїв кар'єру на прогностичне значення прибутку ГЗК з урахуванням середньоквадратичного відхилення вмісту корисного компонента в рудопотоці, що дозволяє визначати інтервал зняття інформації про в.к.к., за якого значення прибутку ГЗК не знижується.
- набула подальшого розвитку методологія формування рудопотоку з в.к.к., обмеженим мінімальним коефіцієнтом «*minimax*» на основі синергетичного ефекту від об'єднання систем контролю й управління якістю, що дозволяє здійснювати постійний моніторинг фактичного в.к.к. в потоці з коригуванням навантаження на видобувні забої в разі виходу амплітуди коливань якості за межі заданого діапазону.
- аналітичним обґрунтуванням удосконалено економіко-математичну модель формування рудопотоку з амплітудою коливань в.к.к. в гарантованих межах на основі встановленої залежності прогностичного прибутку від стабільності цього вмісту в рудопотоці при заданому значенні середньоквадратичного відхилення в.к.к. Встановлено, що зростання середньоквадратичного відхилення в.к.к. фінального рудопотоку на одиницю зумовлює падіння річного прибутку ГЗК на 10÷12 %.
- уперше теоретично обґрунтовано застосування мобільного дробильно-сортувального радіометричного комплексу в залізорудному кар'єрі як елементу технології управління якістю рудопотоків, що виконує функцію якісного фільтру з відсікання некондиційної гірничої маси, видобутої в забоях приконтатної зони «руда-порода», за встановленим порогом сортування з урахуванням критерію бінарності середовища, що забезпечує тим самим технологічний, екологічний, енергозберігаючий та економічний ефект, підвищуючи якість рудного потоку мінімум на 5 % і знижуючи на 1,2 % частку некондиційної гірничої маси, яка направляється на збагачення.
- розвинуто теорію оцінки ефективності технології управління якістю рудопотоків на підставі комплексного критерію, що враховує співвідношення фактичного і планового значень в.к.к. сформованого рудопотоку, фактичний обсяг руди, що направляється на збагачення, вихід концентрату і собівартість збагачення.

Наукове значення роботи полягає в подальшому розвитку теорії управління якістю рудопотоків з обґрунтуванням технологіко-теоретичних засад управління якістю залізовмісної сировини на рівні генералізованого

комплексу рудопотоків ГЗК на основі встановлених залежностей, які впливають на точність контролю й ефективність даного управління.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі, підтверджується коректністю постановки і послідовністю рішення сформульованих завдань, використанням сучасних теорій і ретельно перевірених експериментальних даних, лабораторними і натурними випробуваннями з використанням стандартизованих еталонів, методик і сучасної високоточної апаратури; результатами аналітичних досліджень з побудовою математичних й імітаційних моделей досліджуваних об'єктів і процесів, відповідністю отриманих результатів математичного моделювання реальним значенням статистичної бази даних, а також чітко аргументованим обґрунтуванням застосування розробленої технології управління якістю залізовмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків в умовах гірничо-збагачувальних комбінатів України, позитивним ефектом від застосування приладів та систем з контролю якості на ГЗК, в розробці яких та впровадженні у виробництво автор брав безпосередню участь та авторське право на які закріплено патентами на корисну модель.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що:

- розроблено алгоритм роботи й обґрунтовано функціональну схему технології управління якістю залізовмісної сировини генералізованого комплексу фінальних інтегрованих рудопотоків гірничо-збагачувальних комбінатів.
- розроблено методику визначення оптимальної тривалості періоду опробування забоїв кар'єрів на основі статистичних даних за критерієм мінімізації втрати інформації.
- розроблено алгоритм оцінки можливості та доцільності застосування технології управління якістю залізовмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків гірничо-збагачувальних комбінатів.
- розроблено технологічну схему й обґрунтовано застосування мобільного дробильно-сортувального радіометричного комплексу як частини технології управління якістю рудопотоків з метою зниження засмічення руд в приконтатних зонах покладів. Радіометричний модуль виготовлено в проблемно-галузевої лабораторії КНУ й випробувано на залізних рудах Криворізького басейну.

Розроблені й удосконалені автором математичні моделі процесів управління якістю рудопотоків були опубліковані окремими розділами в підручнику «Моделювання в гірничій справі».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Обраний науковий напрям забезпечувався виконанням наступних науково-дослідних робіт, в яких автор брав безпосередню участь: «Розроблення теорії векторного поля розсіяного гамма-випромінювання та перетворення хвиль Лява і Стоунлі в магнітному полі для керування якістю мінеральної сировини» (№ ДР 0109U002335); «Розроблення методу визначення мінералого-технологічних різновидів залізної руди з використанням

надвисокочастотного електромагнітного випромінювання, гамма-випромінювання та високоенергетичного ультразвуку» (№ ДР 0115U003030), а також госпугод ДВНЗ «Криворізький національний університет»: «Дослідження фізико-хімічних властивостей залізистих кварцитів і каротаж вибухових свердловин» (№ 2-825-10); «Дослідження впливу обводненості на результат каротажу вибухових свердловин» (№ 26-945-13); «Виконання підготовчих робіт для розробки та впровадження системи програмного забезпечення управління якістю руди при видобутку та переробці» (№ 26-947-13); «Дослідження основних і додаткових факторів, що впливають на точність каротажу вибухових свердловин» (№ 2-35-15); «Розробка функціональної, принципової схеми і комплексного алгоритму роботи інтелектуальних датчиків для оперативного контролю вмісту магнітного і загального заліза у підірваній, здрібненій та подрібненій гірничий масі» (№ 26-57-16); «Обґрунтування застосування мобільних дробильно-сортувальних радіометричних комплексів в умовах залізрудних кар'єрів Кривбасу» (ініціативна прикладна НДР № ДР 0116U001808).

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому, відповідність оформлення дисертації вимогам, затвердженням МОН України.

Зміст дисертації викладено логічно, чітко, аргументовано, мова лаконічна і зрозуміла, робота має велику кількість супровідних і пояснюючих рисунків, таблиць та додатків, що сприяє чіткому і однозначному розумінню викладеного матеріалу. Стилiстично викладений матеріал і мова тексту дисертації відповідають вимогам, що висуваються до дисертаційних робіт.

Дисертація складається з анотації, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел із 147 найменувань на 20 сторінках та 9 додатків на 19 сторінках; містить 93 рисунки і 25 таблиць. Загальний обсяг дисертації складає 376 сторінок, з яких 303 – основний текст.

Дисертація містить анотацію українською та англійською мовами, список публікацій здобувача, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації, список публікацій здобувача, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації та список публікацій, в яких додатково відображено результати дисертації.

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів дослідження, наведено інформацію щодо апробації результатів дисертації та публікацій.

У **першому розділі** виконано аналіз існуючих систем гірничо-транспортної диспетчеризації та систем контролю якості, проаналізовано структуру собівартості залізрудних ГЗК України, наведено схеми систем контролю якості залізрудного кар'єру та залізрудного ГЗК, що охоплюють всі основні технологічні етапи від буро-вибухових робіт до рудозбагачувальної фабрики. Висновок першого розділу: недостатній рівень інформації щодо вмісту корисного компоненту в забоях кар'єру та сформованому рудопотоці внаслідок відсутності в системах гірничо-транспортної диспетчеризації функції оперативного контролю, спеціального

програмного забезпечення та надійних каналів для передачі даних, не дозволяє сформувати фінальний рудопотік ГЗК з якістю в межах гарантованого діапазону.

У **другому розділі** обґрунтовано напрям досліджень, наведено методологічну побудову досліджень та структурну схему дисертаційної роботи, розвинуто ідею, що покладено в основу досліджень та прийняті робочі гіпотези. Також визначені прилади та системи, які застосовуються для контролю якості в умовах відкритих гірничих робіт та їхні характеристики, основні методи розрахунків, лабораторні та інструментальні методи і методики визначення точності вимірювань та контролю достовірності отриманих результатів.

У **третьому розділі** досліджено фактори, що впливають на точність контролю якості залізовмісної сировини в вибухових свердловинах, в підірваній гірничій масі, на конвеєрній стрічці з використанням радіометричних та магнітометричних способу контролю. На підставі досліджень отримано залежності, що дозволяють оцінити вплив стану гірничої маси на основні показники точності контролю якості. Досліджено технологічні фактори, що впливають на формування рудних потоків та вплив нестабільності вмісту корисного компоненту фінального рудопотоку на показники збагачення. Розроблено імітаційну модель та з її використанням отримано залежності для всіх залізородних комбінатів України між показником прогностного прибутку ГЗК й амплітудою коливань якості фінального рудопотоку.

У **четвертому розділі** розроблено математичні моделі керування якістю рудопотоків з використанням теорії управління та стабілізації коливань вмісту корисного компоненту. Досліджено й обґрунтовано залежність прибутку ГЗК від періоду опробування забоїв кар'єру з побудовою відповідних графіків. Розроблено методику визначення оптимального періоду опробування забоїв кар'єру.

В **п'ятому розділі** теоретично обґрунтовано застосування мобільного дробильно-сортувального радіометричного комплексу, як частини технології управління якістю, який відсікає некондиційну гірничу масу та стабілізує коливання якості у загальнокар'єрному рудопотоці. Застосування комплексу підвищить вміст корисного компоненту, знизить обсяги рудної маси, що доправляється на збагачення та дозволить отримати технологічний, економічний, енергозберігаючий та екологічний ефект.

Шостий розділ присвячено розробці функціональної схеми та алгоритму роботи технології управління якістю генералізованого комплексу рудопотоків ГЗК. Робота цієї технології побудована ґрунтується на застосуванні усереднення як способу управління якістю залізовмісної сировини на основі достовірної та своєчасної інформації про стан якості в забоях і в рудопотоці. Розроблено та обґрунтовано концепцію створення технології управління якістю комплексу рудопотоків на основі синергетичного ефекту від поєднання систем контролю якості та систем гірничо-транспортної диспетчеризації.

Для оцінки ефективності управління якістю рудопотоків розроблено комплексний критерій F_1 , який поєднує показник амплітудних коливань якості у загальному рудопотоці з виходом концентрату і собівартістю збагачення.

В цьому розділі запропоновано алгоритм обґрунтування можливості застосування технології управління якістю генералізованого комплексу рудопотоків, який базується на технологічній та економічній оцінці. Також розглянуто питання забезпечення екологічної безпеки при застосуванні радіометричних приладів та систем в технології управління якістю залізистовмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків ГЗК.

У висновках до роботи автором викладено найбільш важливі наукові і практичні результати.

Додатки до роботи містять довідки про використання приладів та систем з контролю якості, акти випробувань та розрахунок ефективності застосування технології управління якістю залізистовмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків для умов ПАТ «Інгuleцький ГЗК».

В цілому дисертаційна робота містить всі необхідні розділи, які в достатній мірі відображують виконані автором дослідження – від змістовного аналізу існуючих теоретичних положень та технічних рішень до конкретних практичних рекомендацій та методик.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Автор вказує (розділ 1.4, стор.90), що для формування потоку необхідним є гранично достовірною та своєчасною інформацією про вміст корисного компонента, як в забоях, так і в потоці. Але не вказано рівня достовірності та часових обмежень для отримання інформації з метою формування рудного вантажопотоку.
2. Автором отримані та наведені залежності точності вимірювань вмісту корисного компонента від вологості та гранулометричного складу (рис.3.2., стор.137). В забоях кар'єру гранулометричний склад неоднорідний, вологість теж може коливатися навіть в межах одного забою, як це все враховується при проведенні вимірів?
3. На якій комп'ютерній основі та із застосуванням якого програмного забезпечення пропонується функціонування центрального серверу технології управління якістю залізистовмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків?
4. Не вказано, чи впливає застосування джерел іонізуючого випромінювання в приладах оперативного контролю якості на безпеку персоналу?
5. Не розглянуто вплив застосування мобільного дробильно-сортувального комплексу в технології видобутку на продуктивність екскаваторно-автомобільного комплексу.
6. Автор стверджує, що енергозберігаючий ефект від застосування мобільного дробильно-сортувального комплексу полягає в скороченні витрат енергоресурсів при переробці в зв'язку зі зменшенням загального обсягу рудної маси, що направляється на збагачення (стор. 282). Наявність такого ефекту повинна розглядатися як різниця між енерговитратами комплексу та

можливими витратами на переробку тієї частини некондиційної гірничої маси, яку відтинає МДСРК.

Вважаю, що вищевказані зауваження не знижують загальної позитивної оцінки роботи.

За своїм змістом, поданням теоретичного матеріалу, проведеними дослідженнями та формулюванням висновків, а також загальним рівнем виконання дисертаційна робота Азаряна В.А. відповідає поставленій меті та задачам. Дисертація має завершеність одержаних наукових та практичних результатів, які є достатніми для впровадження на залізорудних ГЗК України.

Автореферат у повній мірі відображає структуру дисертаційної роботи та за змістом відповідає основним її положенням і висновкам. Оформлення автореферату виконано у відповідності до існуючих вимог. Висновки, наведені у дисертаційній роботі та в авторефераті, є ідентичними.

Оцінка мови та стилю викладення дисертації і автореферату. Мова та стиль дисертації та автореферату відповідають вимогам МОН України. Застосована в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. Здобувач володіє сучасними математичними методами та термінологією.

Отримані підсумкові результати дисертації співпадають із загальною метою і конкретними науковими завданнями, сформульованими у вступі.

В цілому, дисертаційна робота сприймається як закінчена наукова праця, що містить нові наукові результати.

Підтвердження повноти викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях

Наукова новизна достатня для докторської дисертації. Основні наукові і практичні результати, що отримані в ході дисертаційного дослідження, опубліковано з необхідною повнотою. Результати дисертаційної роботи в повній мірі відображені в опублікованих 61 роботі (у тому числі 23 одноосібних), 29 наукових статей опубліковано в спеціалізованих наукових виданнях, 5 статей – у виданнях, що індексуються в наукометричних базах; 4 наукових статті – у закордонних наукових журналах; 10 – у збірниках тез наукових конференцій. Новизна наукових положень дисертації підтверджується 11 патентами України на корисну модель. Серед інших публікацій – підручник «Моделювання в гірничій справі».

Об'єм та зміст публікацій в повній мірі відповідає вимогам до докторських дисертацій відповідно до «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженою постановою Кабінету Міністрів України.

Заклучна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Азаряна В.А. «Технологіко-теоретичні засади управління якістю залізозмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків гірничо-збагачувальних комбінатів» є завершеною науково-дослідною роботою, яку присвячено вирішенню актуальної науково-

Для оцінки ефективності управління якістю рудопотоків розроблено комплексний критерій F_1 , який поєднує показник амплітудних коливань якості у загальному рудопотоці з виходом концентрату і собівартістю збагачення.

В сьомому розділі запропоновано алгоритм обґрунтування можливості застосування технології управління якістю генералізованого комплексу рудопотоків, який базується на технологічній та економічній оцінці. Також розглянуто питання забезпечення екологічної безпеки при застосуванні радіометричних приладів та систем в технології управління якістю залізвмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків ГЗК.

У **висновках** до роботи автором викладено найбільш важливі наукові і практичні результати.

Додатки до роботи містять довідки про використання приладів та систем з контролю якості, акти випробувань та розрахунок ефективності застосування технології управління якістю залізвмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків для умов ПАТ «Інгuleцький ГЗК».

В цілому дисертаційна робота містить всі необхідні розділи, які в достатній мірі відображують виконані автором дослідження – від змістовного аналізу існуючих теоретичних положень та технічних рішень до конкретних практичних рекомендацій та методик.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Автор вказує (розділ 1.4, стор.90), що для формування потоку необхідним є гранично достовірною та своєчасною інформацією про вміст корисного компонента, як в забоях, так і в потоці. Але не вказано рівня достовірності та часових обмежень для отримання інформації з метою формування рудного вантажопотоку.
2. Автором отримані та наведені залежності точності вимірювань вмісту корисного компоненту від вологості та гранулометричного складу (рис.3.2., стор.137). В забоях кар'єру гранулометричний склад неоднорідний, вологість теж може коливатися навіть в межах одного забою, як це все враховується при проведенні вимірів?
3. На якій комп'ютерній основі та із застосуванням якого програмного забезпечення пропонується функціонування центрального серверу технології управління якістю залізвмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків?
4. Не вказано, чи впливає застосування джерел іонізуючого випромінювання в приладах оперативного контролю якості на безпеку персоналу?
5. Не розглянуто вплив застосування мобільного дробильно-сортувального комплексу в технології видобутку на продуктивність екскаваторно-автомобільного комплексу.
6. Автор стверджує, що енергозберігаючий ефект від застосування мобільного дробильно-сортувального комплексу полягає в скороченні витрат енергоресурсів при переробці в зв'язку зі зменшенням загального обсягу рудної маси, що направляється на збагачення (стор. 282). Наявність такого ефекту повинна розглядатися як різниця між енерговитратами комплексу та

практичної проблеми забезпечення заданого рівня якості та мінімізації амплітудних коливань вмісту корисного компонента рудопотоків гірничо-збагачувальних комбінатів, яку вирішують шляхом генералізації управління сировинною якістю фінальних рудних вантажопотоків ГЗК, що трансформується в сукупність всіх засобів контролю, сортування і мікширування руд в єдиний, технологічно домінуючий в масштабі всього ГЗК комп'ютеризований комплекс, підпорядкований загальній цільовій алгоритмізації.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.15.03 – Відкрита розробка родовищ корисних копалин.

За науковим рівнем та прикладним значенням дисертація відповідає вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567.

Вважаю, що за вирішення актуальної науково-практичної проблеми, яка полягає в обґрунтуванні технолого-теоретичних засад управління якістю залізозмісної сировини генералізованого комплексу рудопотоків гірничо-збагачувальних комбінатів, Азарян Володимир Альбертович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин.

Офіційний опонент,

завідувач кафедри маркшейдерії
Житомирського державного
технологічного університету
Міністерства освіти і науки України,
доктор технічних наук, професор



Р.В. Соболевський

Підпис д.т.н, проф. Соболевського Р.В. засвідчую:

Секретар Вченої ради ЖДТУ,
учений секретар університету, доцент
кафедри економічної безпеки
публічного управління
адміністрування, к. держ. упр.



Л. В. Сергієнко

Відсутня надійшов
04.03.2019
Учений секретар  *Федоро М.В.*