

ВІДГУК

офіційного опонента **Коробійчука Валентина Вацлавовича**
на дисертаційну роботу **Луценка Сергія Олександровича**
на тему: **«Розвиток теорії проектування режиму гірничих робіт
залізрудних кар'єрів за умов мінливої потреби в руді»**,
подану на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук за спеціальністю
05.15.03 – Відкрита розробка родовищ корисних копалин

1. Актуальність обраної теми досліджень

Порушена в дисертаційній роботі проблема є безперечно актуальною, оскільки залізрудна промисловість України продовжує відігравати визначальну роль у структурі національної економіки, забезпечуючи значну частку промислового виробництва та експорту. Експлуатація родовищ залізистих кварцитів пов'язана зі складними гірничо-геологічними умовами, значними масштабами відкритих розробок та необхідністю раціонального управління режимом гірничих робіт у глибоких кар'єрах. За цих умов забезпечення узгодженості параметрів гірничих процесів є ключовим чинником ефективності роботи гірничо-збагачувальних комбінатів.

Аналіз сучасного стану галузі переконливо свідчить, що традиційні підходи до проектування та планування гірничих робіт орієнтовані переважно на стабільні зовнішні умови та не враховують характерної для сучасного ринку волатильності попиту й цін на залізрудну продукцію. Нерівномірність виробничих навантажень, відставання за розкритом, поява неробочих ділянок бортів, порушення структури робочої зони і зниження фактичної продуктивності свідчать про існування системних організаційно-технологічних обмежень. Вони зумовлені недостатньою гнучкістю чинних підходів до встановлення режиму гірничих робіт та відсутністю механізмів оперативного і превентивного реагування на зміни виробничих і ринкових умов.

У таких умовах актуальним стає обґрунтування принципів динамічного проектування та планування розвитку гірничих робіт, яке дозволить формувати й підтримувати оптимізовану робочу зону кар'єру в ситуаціях змінної потреби у залізрудній сировині. Розроблення відповідного науково-методичного апарату є важливою передумовою забезпечення стійкого функціонування гірничодобувних підприємств, підвищення їх конкурентоспроможності та ефективності використання ресурсного потенціалу. Саме тому розглянута в дисертації проблематика має суттєве теоретичне і практичне значення та є надзвичайно важливою для подальшого розвитку наукових основ управління відкритими гірничими роботами.

2. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами і темами

Дисертаційне дослідження тісно пов'язане з низкою науково-дослідних робіт, виконаних у Криворізькому національному університеті та Академії гірничих наук України, у яких автор брав безпосередню участь як виконавець. У роботі використано результати, отримані дисертантом у процесі виконання держбюджетних і договірних тем, зокрема: «Визначення продуктивності Ганнівського кар'єру ПАТ «ПівнГЗК»» (№ держреєстрації 011U005572), «Визначення перспективних границь кар'єру, що забезпечують конкурентоспроможність залізрудної продукції Полтавського ГЗК» (№ держреєстрації 0114U003099), та «Визначення перспективних границь і

продуктивності Першотравневого кар'єру ПАТ «ПівнГЗК»» (№ держреєстрації 0115U002577). Зазначені дослідження створили фактичну й аналітичну основу для формування наукових положень дисертації, а також забезпечили її практичну спрямованість і зв'язок із реальними виробничими завданнями провідних гірничодобувних підприємств України.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність та наукова новизна

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі, підтверджуються коректністю постановки та послідовністю вирішення сформульованих завдань, застосуванням сучасних положень теорії та практики відкритих гірничих робіт, а також апробованих методів гірничо-геометричного аналізу кар'єрних полів з урахуванням установлених закономірностей формування й розвитку робочої зони кар'єру. Надійність результатів забезпечено дотриманням норм технологічного проєктування під час порівняння альтернативних варіантів експлуатації кар'єру, проведенням аналітичних досліджень із розробленням математичних та імітаційних моделей, що відображають реальні процеси розвитку гірничих робіт. Висока збіжність теоретичних результатів та розрахункових параметрів робочої зони й продуктивності кар'єру з фактичними даними експлуатації підтверджує достовірність отриманих висновків. Додатковим підтвердженням є позитивні результати впровадження наукових розробок у виробництво на ПАТ «Полтавський ГЗК», Ганнівському кар'єрі АТ «ПівнГЗК» та ПАТ «Інгулецький ГЗК».

Вважаю, що наукові положення, запропоновані здобувачем до захисту, повною мірою відображають зміст отриманих ним результатів дослідження.

Наукові положення, що виносяться на захист, сформульовані автором наступним чином.

1. Параметри робочої зони кар'єру визначаються закономірностями, зворотного просторово-технологічного впливу, за якого зменшення довжини активного фронту, зумовлене концентрацією гірничих робіт, вимагає компенсаційного розширення робочого майданчика для забезпечення нормативу запасів руди, що в умовах геометричних обмежень кар'єру та конфігурації рудного тіла формує спадну експоненційну залежність між ними. Врахування цієї закономірності дозволяє підвищити точність визначення параметрів системи розробки порівняно з традиційними підходами й уникнути похибок у межах 28–62%.

2. Максимально можлива продуктивність кар'єру за рудою обмежується умовою безперервного забезпечення нормативу готових до виймання запасів, яка встановленим взаємозв'язком між шириною робочого майданчика та довжиною активного фронту стає лімітуючим чинником по відношенню до технічних можливостей видобутку. На відміну від існуючих підходів, що базуються виключно на інтенсивності розвитку гірничих робіт, запропонований критерій враховує просторові обмеження кар'єру та норматив запасів, що дозволяє звужити область оптимізації режиму гірничих робіт (яка зменшується на 10–14% при кожному збільшенні продуктивності на 10%) та підвищити точність її розрахунку на 30–36%.

3. Оптимальні параметри системи розробки залежать від варіативного сполучення режиму гірничих робіт, продуктивності за рудою та геометричних характеристик робочої зони, що дає змогу коригувати інтенсивність відпрацювання родовища відповідно до заданої продуктивності шляхом цілеспрямованої зміни сполучення параметрів системи розробки з урахуванням просторових обмежень робочої зони та необхідного нормативу готових до виймання запасів для забезпечення заданої продуктивності.

4. Границі проєктованого кар'єру визначаються змінним у часі граничним коефіцієнтом розкриття, значення якого формується відповідно розрахункової динаміки техніко-економічних показників підприємств-конкурентів (потенційних коливань попиту,

потреби в руді), а також — заданих продуктивності та режиму гірничих робіт проєктованого кар'єру. Такий підхід, на відміну від використання статичних критеріїв, дозволяє враховувати динаміку конкурентного середовища до моменту фактичного досягнення кар'єром граничних контурів, що підвищує точність оконтурення запасів на 14–45%.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- уперше встановлено взаємозв'язок між параметрами системи розробки — шириною робочого майданчика та довжиною активного фронту гірничих робіт — виходячи з нормативу готових до виймання запасів і з просторових обмежень кар'єру, визначених гірничо-геометричним аналізом кар'єрного поля. Доведено, що саме цей взаємозв'язок визначає значення максимально можливої продуктивності кар'єру за рудою та впливає на режим гірничих робіт, зокрема на динаміку формування робочої зони кар'єру.

- уперше запропоновано й обґрунтовано аналітично метод визначення максимально можливої продуктивності кар'єру за рудою, що враховує не лише максимальну інтенсивність видобутку, але й умови формування нормативних запасів, які визначаються встановленим взаємозв'язком ширини робочого майданчика та довжини активного фронту гірничих робіт.

- уперше розроблено та теоретично обґрунтовано метод оптимізації параметрів системи розробки щодо розмірів активної частини робочої зони кар'єру, що враховує комплексний взаємозв'язок між режимом гірничих робіт, продуктивністю за рудою та геометричними характеристиками робочої зони. Метод забезпечує підтримання нормативного обсягу готових до виймання запасів і дає змогу адаптивно змінювати техніко-економічні характеристики розробки відповідно до змін виробничих та економічних умов.

- удосконалено критерій оцінювання й вибору оптимального варіанта розвитку гірничих робіт, який ураховує не лише характер поширення корисних копалин і розкривних порід за кількістю та якістю в границях кар'єрного поля, а також порядок й інтенсивність формування активного робочого простору кар'єру.

- уперше обґрунтовано новий розрахунковий принцип визначення границь проєктованого кар'єру з урахуванням зміни граничного коефіцієнта розкриву в часі, обумовленої динамікою техніко-економічних і технологічних показників діяльності кар'єрів-конкурентів, а також планованої продуктивності та режиму гірничих робіт проєктованого кар'єру. На відміну від наявних підходів, які базуються на статичних значеннях граничного коефіцієнта розкриву, запропонований принцип дозволяє підвищити точність визначення границь кар'єру на 14–45 %.

- уперше обґрунтовано науково-методологічний підхід до планування розвитку гірничих робіт у глибоких залізрудних кар'єрах, який передбачає зміну інтенсивності відпрацювання родовищ залежно від коливань потреби в залізрудній сировині й ураховує як виконання заданого обсягу видобутку корисних копалин у поточному році, так і забезпечення можливості гнучкої зміни продуктивності за рудою в подальші роки. На відміну від відомих підходів за статичного планування, запропонований дозволяє здійснювати оперативне коригування продуктивності кар'єру за рудою відповідно до динаміки змін зовнішніх умов.

- розроблено економіко-математичну модель динамічної оптимізації обсягів виробництва залізрудної товарної продукції гірничо-збагачувальних комбінатів, яка враховує взаємозв'язок між режимом гірничих робіт і продуктивністю за рудою в умовах нетипових змін зовнішнього середовища, на основі дотримання нормативу готових до виймання запасів, а також відставання розкривних робіт у кожному з кар'єрів, що входять до складу окремого ГЗК. Особливістю моделі є можливість адекватного регулювання продуктивності окремих кар'єрів за умови забезпечення групою кар'єрів залізрудної товарної продукції заданих обсягів та якості.

4. Оцінка змісту роботи та повнота викладу положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Дисертація складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел із 324 найменувань на 33 сторінках та 4 додатків на 33 сторінках, містить 136 рисунків і 43 таблиці. Загальний обсяг дисертації складає 404 сторінки, з яких 295 – основний текст.

Дисертаційну роботу викладено логічно, аргументовано та грамотною технічною мовою. Текст роботи супроводжується пояснювальними рисунками та таблицями, результати розрахунків винесено в додатки, що вказує на її цілісність та структурованість. Дисертаційна робота має класичну структуру.

У **вступі** обгрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, ідею і завдання досліджень, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Наведено основні наукові положення, що виносяться на захист, дані про публікації, апробацію й упровадження розробок і результатів досліджень, наукове та практичне значення роботи.

У **першому** розділі здійснено ґрунтовний аналіз сучасного стану теоретичних напрацювань і практичних підходів до планування розвитку гірничих робіт за умов змінної потреби в залізорудній сировині. Розглянуто основні принципи проектування просторових параметрів кар'єрів та системи їх відпрацювання, досліджено особливості формування робочої зони й чинники, що визначають можливості динамічного керування інтенсивністю та напрямками розвитку гірничих робіт.

У **другому** розділі сформовано методологічну основу дослідження, яка розкриває концептуальний підхід автора до вирішення поставленої наукової проблеми. Представлено логічну послідовність наукових завдань, спрямованих на створення підходів до проектування параметрів кар'єрів та планування розвитку гірничих робіт в умовах динамічно змінної потреби в залізорудній сировині. Обгрунтовано вибір загальнонаукових і спеціальних методів, застосованих для досягнення мети дослідження, та наведено їх функціональне призначення в межах методологічної побудови.

Запропонована методична концепція базується на системному врахуванні гірничо-геологічних, технологічних і економічних чинників, які визначають ефективність освоєння мінерально-сировинної бази комбінату за умов змінної інтенсивності видобутку. Показано, що формування науково обгрунтованих засад динамічного проектування та планування розвитку гірничих робіт у глибоких залізорудних кар'єрах є комплексною науковою проблемою, вирішення якої потребує теоретичного аналізу, моделювання та прикладних розрахункових досліджень. Відповідно до наукової ідеї роботи сформульовано робочі гіпотези, що визначають логіку подальших досліджень.

У **третьому** розділі теоретично обгрунтовано підходи до визначення гірничих можливостей кар'єрів та параметрів системи розробки, які забезпечують нормативні запаси руди, готової до виймання. Досліджено взаємозв'язок ширини робочої площадки та довжини активного фронту гірничих робіт, встановлено його несиметричний характер і проаналізовано вплив цих параметрів на формування робочої зони кар'єру. На основі гірничо-геометричного аналізу визначено умови, за яких забезпечується раціональна структура запасів, та показано, що неврахування взаємозв'язку параметрів призводить до суттєвих похибок у плануванні розвитку гірничих робіт.

Розроблено метод визначення максимально можливої продуктивності кар'єру за гірничими можливостями з урахуванням нормативних запасів та просторових обмежень кар'єрного поля. Показано, що оптимізація співвідношення ширини робочої площадки і довжини активного фронту дозволяє підвищити точність оцінки продуктивності на 30–36

%. Доведено можливість регулювання продуктивності кар'єру шляхом зміни параметрів системи розробки, що визначає інтенсивність відпрацювання родовища та динаміку формування робочої зони.

Четвертий розділ містить результати дослідження, спрямованого на встановлення закономірностей зміни параметрів системи розробки та економічної ефективності кар'єру залежно від рівня його продуктивності за рудою. У розділі проаналізовано вплив продуктивності на формування робочої зони, значення коефіцієнтів розкриву, структуру гірничої маси та собівартість товарної продукції. Визначено, як зміна параметрів робочого борту, ширини площадки та довжини активного фронту позначається на можливості забезпечення нормативних запасів і на економічних результатах розробки родовища. Розроблено підхід до обґрунтування оптимальних параметрів робочої зони для різних рівнів продуктивності та запропоновано критерій порівняльної оцінки варіантів розвитку гірничих робіт, що базується на стабільних технологічних показниках і дозволяє коректно оцінювати ефективність за умов мінливої потреби в залізорудній сировині. Окремо досліджено механізми ліквідації відставання за розкритом та умови, за яких може бути досягнута максимальна економічна віддача від експлуатації родовища.

У **п'ятому** розділі дисертації обґрунтовано вплив продуктивності кар'єру та режиму розвитку гірничих робіт на формування перспективних границь відкритої розробки родовищ. У роботі доведено, що традиційний підхід із використанням сталого граничного коефіцієнта розкриву не відображає реальних умов функціонування базових підприємств, оскільки їх техніко-економічні показники змінюються з часом. Встановлено, що така невідповідність може призводити до суттєвих похибок у визначенні кінцевої глибини кар'єру.

Розроблено підхід до визначення граничного коефіцієнта розкриву з урахуванням динамічних економічних характеристик підприємств-конкурентів та залежності параметрів системи розробки від рівня продуктивності за рудою. Показано, що зміна продуктивності кар'єру впливає на значення поточних коефіцієнтів розкриву та, відповідно, на раціональну кінцеву глибину проєктованого кар'єру.

Обґрунтовано умови, за яких можливе коригування границь кар'єру для забезпечення конкурентоспроможності виробництва, та наведено критерій порівняльної оцінки перспективних границь, що дозволяє узгодити їх із динамікою техніко-економічних показників базових ГЗК.

У **розділі 6** автор формує концепцію розвитку гірничих робіт кар'єрів у ситуації динамічної зміни потреби в залізорудній сировині та обґрунтовує підходи до адаптивного регулювання інтенсивності відпрацювання родовищ. Показано, що чинні методи планування не забезпечують узгодження виробничої потужності з ринковими коливаннями, що призводить до відставання за розкритом і втрат продуктивності.

Запропонована концепція передбачає варіативне коригування параметрів робочої зони та концентрацію гірничих робіт на оптимальних ділянках для забезпечення нормативних запасів та мінімізації витрат. Розроблено методику планування розвитку гірничих робіт за змінної потреби, а також алгоритм оптимізації продуктивності групи кар'єрів у межах одного комбінату, що базується на економіко-математичному моделюванні. Показано, що раціональний перерозподіл видобутку між кар'єрами підвищує загальну ефективність роботи ГЗК та дозволяє гнучко реагувати на ринкову динаміку.

У **додатках** подано матеріали, що розширюють і підтверджують основні результати дисертації. До них включено допоміжні геологічні та виробничі матеріали,

документи про практичне застосування отриманих результатів і перелік публікацій автора, що забезпечує повноту та доказовість проведеного дослідження.

Дисертація викладена грамотною технічною мовою, гірнича термінологія представлена якісною українською мовою і відповідає вимогам МОН щодо оформлення.

За результатами виконаних досліджень опубліковано 62 наукові праці (у тому числі 19 одноосібних), зокрема: 27 наукових статей опубліковано в періодичних виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України; 5 статей у журналах, що індексуються наукометричними базами даних Scopus і Web of Science Core Collection; 4 статті у матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються наукометричними базами даних Scopus і WoS; 2 наукові статті – в закордонних наукових журналах; 24 у збірниках тез та статей наукових конференцій.

Участь у міжнародних та всеукраїнських конференціях свідчить про ознайомлення наукової спільноти гірників з отриманими результатами.

5. Значення роботи для науки, практики та суспільства

Наукове значення роботи полягає в розробленні методології динамічного проектування і планування розвитку гірничих робіт кар'єрів в умовах мінливої потреби в залізорудній сировині на основі комплексного й системного обліку гірничо-геологічних, технологічних й економічних факторів з урахуванням їх взаємозв'язку, які впливають на розмір і порядок формування робочої зони кар'єру.

Практичне значення отриманих результатів досліджень:

1. Розроблено методику визначення продуктивності кар'єру за рудою для різних варіантів розвитку гірничих робіт з урахуванням порядку й інтенсивності відпрацювання різних ділянок робочої зони кар'єру;

2. Розроблено методику визначення відставання й випередження розкривних робіт від необхідних при зміні продуктивності кар'єру за рудою;

3. Розроблено методику визначення динаміки річних обсягів ліквідації відставання за розкритом при зміні продуктивності кар'єру за рудою;

4. Розроблено методику визначення перспективних границь кар'єру, що проектується, яка враховує мінливі в часі економічні показники розробки чинних (базових) підприємств;

5. Розроблено методику планування розвитку гірничих робіт у кар'єрі в умовах мінливої потреби в залізорудній продукції, яка відрізняється від відомих можливістю регулювати головні параметри кар'єру, а також урахує взаємозв'язок ширини робочого майданчика й довжини активного фронту гірничих робіт, що забезпечують у кар'єрі нормативний запас руди, готовий до виймання;

6. Розроблено методику перерозподілення продуктивності групи кар'єрів, що входять до складу ГЗК, при зміні потреби в залізорудній продукції.

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

В результаті вивчення дисертаційного дослідження порушень академічної доброчесності та її принципів не було виявлено.

7. Дискусійні положення

1. У підписах та легенді до рисунків 1.17–1.18 (с. 79) відсутнє пояснення семантики кольорового кодування фону графіків (чергування зеленого, червоного та блакитного кольорів). Зокрема, потребує обґрунтування віднесення періоду t_4 до «зеленої» зони

(ймовірно, зони стабілізації або зростання), оскільки обсяги виробництва на цьому етапі ще не досягли початкового рівня t_1 .

2. На рисунку 3.8 при значних відхиленнях фронту (понад 40%) спостерігається суттєве зростання кута борту (на 10° і більше), що потребує додаткових пояснень щодо забезпечення безпеки гірничих робіт. Графік виглядав би більш інформативним за наявності на ньому лінії критичного кута стійкості, що дозволило б одразу оцінювати допустимість тих чи інших режимів відпрацювання.

3. Висновки 5, 6, 7 та 8 до розділу 3 характеризуються певною тавтологічністю. В усіх чотирьох пунктах йдеться про необхідність врахування нормативу готових до виймання запасів та взаємозв'язку ширини майданчика з довжиною фронту при визначенні продуктивності. Доцільно було б об'єднати ці пункти в один-два змістовні висновки.

4. Аналізуючи графік на рис. 4.8, варто відзначити, що в наведеному діапазоні зміни кута укосу (13° – 17°) спостерігається лише монотонна зміна прибутку, що не дозволяє чітко локалізувати точку екстремуму (максимуму) функції. Очевидно, що при подальшому зменшенні кута (менше 13°) обсяги розкриву зростатимуть більш інтенсивно, що неминуче призведе до зменшення економічної ефективності. Доцільно було б розширити інтервал дослідження в бік менших значень кута, щоб продемонструвати наявність перегіну кривої та обґрунтувати глобальний оптимум, а не лише фіксувати тенденцію на локальній ділянці.

5. Текст дисертації, зокрема у розділах 3 та 4, дещо переобтяжений деталізованими розрахунками та проміжними математичними викладками. Для полегшення сприйняття основної наукової ідеї їх доцільно було б подати у скороченому вигляді або винести в додатки, обмежившись у основному тексті посиланнями на відповідні літературні джерела та публікації автора.

6. На с. 175–176 описано два механізми зменшення довжини активного фронту, що ілюструється схемами на рис. 4.10 та 4.11. Оскільки графічний матеріал відображає принципи технологічні рішення (геометрію робочої зони), текстовий супровід доцільно було б доповнити типовими числовими значеннями параметрів для характерних умов експлуатації. Це зробило б виклад матеріалу більш переконливим та інформативним.

7. Аналізуючи графічні залежності на рис. 5.20, можна помітити, що у правій частині графіка криві стають більш пологими, що свідчить про затухання приросту глибини кар'єру при подальшому збільшенні продуктивності. У роботі було б доцільно доповнити аналіз цих залежностей визначенням технологічної межі насичення, після якої нарощування продуктивності перестає бути економічно виправданим через стрімке зростання обсягів розкривних робіт.

8. Модель на стор. 298 має чітку лінійну структуру, однак управління розвитком кар'єру в мінливих умовах є ітераційним процесом. Схема набула б більшої повноти та відповідності реальним умовам за наявності зворотних зв'язків. Зокрема, доцільно передбачити можливість повернення з етапу «Адаптації робочої зони» (III етап) до попередніх стадій для коригування рішень.

9. Економіко-математична модель оптимізації розподілу обсягів видобутку руди між кар'єрами (розділ 6.4, с. 312–321) враховує лише обмеження за запасами та нормативом готових до виймання запасів. Повністю відсутні технологічні обмеження виробничої потужності обладнання (кількість екскаваторів, автосамосвалів, пропускна здатність транспортних комунікацій). У реальних умовах Кривбасу саме ці обмеження часто є визначальними.

8. Загальний висновок щодо дисертаційної роботи

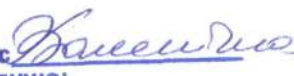
Дисертаційне дослідження виконано на належному науково-технічному рівні, вирізняється чіткістю викладу та логічною структурованістю. Отримані автором результати мають самостійний науковий характер, відзначаються новизною, обґрунтованістю та достовірністю. У роботі сформульовано положення, що становлять вагомий внесок у розвиток теорії та практики відкритої розробки родовищ корисних копалин і можуть бути використані для підвищення ефективності функціонування гірничих підприємств. Висловлені зауваження та окремі дискусійні аспекти не впливають на загально позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Вважаю, що дисертаційна робота Луценка Сергія Олександровича «**Розвиток теорії проєктування режиму гірничих робіт залізрудних кар'єрів за умов мінливої потреби в руді**», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.15.03 – Відкрита розробка родовищ корисних копалин відповідає вимогам Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. №1197 (зі змінами та доповненнями).

За отримані автором науково обґрунтовані результати щодо розроблення та удосконалення науково-методичних засад динамічного проєктування режиму й планування розвитку гірничих робіт у залізрудних кар'єрах в умовах непередбаченої змінності потреби в сировині, що мають вагоме теоретичне й прикладне значення та забезпечують підвищення ефективності освоєння сировинної бази гірничо-збагачувальних комбінатів, Луценко Сергій Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.03 – Відкрита розробка родовищ корисних копалин.

Офіційний опонент:
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри гірничих технологій
та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
Державний університет
«Житомирська політехніка»

Валентин КОРОБІЙЧУК

Підпис 
Засвідчую:
Учений секретар
Житомирська політехніка



Відрук надійшов до докторської ради
26.03.26р

В.О. Виноградов



ради 2 09.05.202.
Михайло Швачко