

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Гірничо-металургійний факультет  
Кафедра гірничої справи

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**кваліфікаційної роботи**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Новітні технології розробки родовищ корисних копалин»  
за спеціальністю 184 Гірництво

**на тему «Дослідження шляхів зниження витрат на підготовку  
гірських порід до виймання в умовах ПРАТ «Інгулецький ГЗК»»**

Здобувач



Олександр ГЕРАСИМЧУК

Кривий Ріг  
2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.  
Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі гірничої справи

Керівник:



ГРИГОР'ЄВ ІГОР ЄВГЕНІЙОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент кафедри гірничої справи ТОВ Технічний університет «Метінвест Політехніка»

Захист відбудеться 24 січня 2024 р. о 09:00 год на засіданні екзаменаційної комісії (посилання на Тімс).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 26 січня 2024 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Актуальність дослідження.** Актуальність теми. У сучасних умовах світової економіки задля збереження конкурентоспроможності вітчизняних гірничовидобувних підприємств необхідне підтримання досягнутого рівня виробництва залізорудної сировини, а Інгuleцький ГЗК є одним з лідерів впровадження технічних і технологічних підходів для підвищення операційної ефективності роботи підприємства.

В той же час якість підготовки гірських порід до виймання прямим чином впливає на ефективність ведення всіх наступних технологічних процесів відкритих гірничих робіт.

Крім того, завданню екологічних та енергозберігаючих технологій у мінерально-сировинному секторі відповідає застосування високоуступної відбійки при відкритій розробці залізорудних родовищ.

Постановка проблеми. Проблема дослідження полягає у необхідності оптимізації технічних та технологічних процесів в Інгuleцькому ГЗК для підтримки конкурентоспроможності на тлі сучасних викликів світової економіки, зокрема, через підвищення ефективності підготовки гірських порід та впровадження екологічних і енергозберігаючих технологій.

Мета й завдання роботи. Підвищити ефективність підготовки гірських порід до виймання для умов кар'єру ПРАТ «Інгuleцький ГЗК» шляхом збільшення висоти уступу, що підривається. Для досягнення поставленої мети в роботі сформовані основні задачі дослідження:

1. Виконати аналіз теоретичної бази з питань вибухової підготовки гірських порід до виймання.

2. Проаналізувати досвід буровибухових робіт в глибоких залізорудних кар'єрах.

3. Визначити раціональні параметри буропідривних робіт і заходи, що сприяють підвищенню їх ефективності.

4. Оцінити ефективність шляхів зниження витрат на підготовку гірських порід до виймання в умовах ПРАТ «Інгuleцький ГЗК».

Об'єкт дослідження – процес підготовки гірських порід до виймання в глибоких залізорудних кар'єрах.

Предмет дослідження – параметри буропідривних робіт глибоких в робочій зоні кар'єру.

Ідея кваліфікаційної роботи полягає у зниженні витрат на підготовку гірських порід до виймання в умовах глибоких залізорудних кар'єрів за рахунок розробки масиву високими уступами.

Методи дослідження: аналіз і синтез виробничого досвіду і теоретичних основ підготовки порід до виймання; методи статистичної та аналітичної обробки даних.

Наукове значення роботи полягає в узагальненні теоретичної бази і виробничого досвіду щодо пошуку оптимальних параметрів буропідривних робіт.

Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій щодо визначення раціональної висоти уступу в кар'єрі Інгулецького ГЗК та оцінці технологічних заходів щодо зниження витрат на підготовку гірських порід до виймання.

**Структура і об'єм роботи.** Кваліфікаційна робота складається з реферату, вступу, 4 розділів, які включають 25 рисунків і 5 таблиць, висновків, списку використаних джерел з 50 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 84 сторінки.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

В першому розділі роботи детально розкрито стан і перспективи інтенсифікації видобутку залізної руди глибокими кар'єрами. Автором зазначено, що відповідно до статистики Світової асоціації виробників сталі (рис. 1.) світове виробництво сирової сталі майже подвоїлося з 2000 року. У порівнянні з 94% збільшенням світового виробництва сирової сталі в період з 2000 по 2013 рік, збільшення виробництва сталі, наприклад, у Китаї, за той же період становило майже 540%.

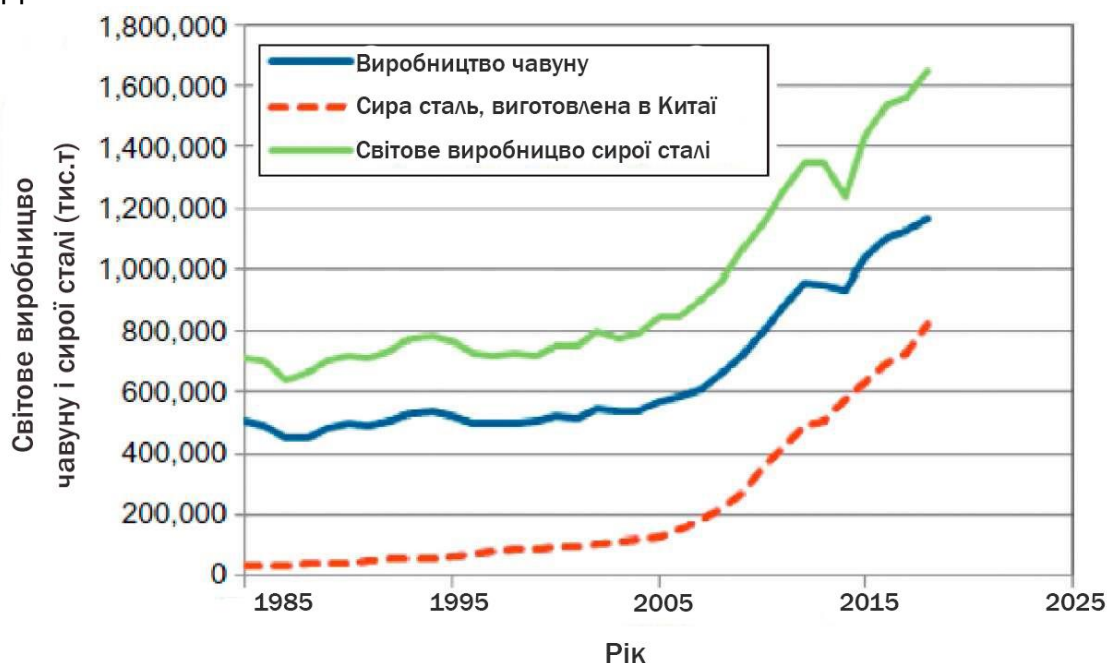


Рисунок 1. Світова динаміка виробництва чавуну і сталі.

Щоб задовольнити швидке зростання виробництва сирової сталі, останнім десятиліттям відбулося значне розширення світового виробництва залізної руди.

В розділі також зроблено детальний аналіз праць відомих вчених Н.В. Мельникова, В.В. Ржевського, К.М. Трубецького, А.І. Арсентьєва, С.Д. Вікторова, М.Г. Новожилова, Г.О. Холоднякова та інших, що показав найбільш перспективний напрям підвищення ефективності при відкритій розробці корисних копалин – застосування високих уступів. Також у розділі описані існуючі сучасні уявлення про фізичні процеси, які відбуваються під час руйнації гірських порід вибухом, вивчені закономірності поширення хвиль

напружень в масиві гірських порід в залежності від умов підривання свердловин.

Другий розділ роботи присвячений аналізу існуючих методів і досвіду кар'єрів Кривбасу щодо вибухового розпушення залізородного масиву при його відпрацюванні високими уступами. Розглянуті різні методи руйнування гірських порід (метод парно-наближених та похилих свердловинних зарядів; підривання високих уступів на неприбрану гірську масу; метод котлових зарядів; Комбіновані свердловинні заряди). Зазначено, що застосування розглянутих конструкцій комбінованого заряду має ряд недоліків: застосування різних типів вибухових речовин підвищує час на заряджання свердловин; при ініціюванні нижньої частини заряду від детонуючого шнура вигоряє частина верхнього заряду, внаслідок чого погіршується дроблення; складність формування повітряних проміжків, як і донної частини заряду; розосередження по всій довжині свердловини.

В третьому розділі автор розкриває аналітичні дослідження впливу питомої енергії вибухової речовини на розміри зон дроблення, тріщиноутворення і відколу. Детально вивчаються питання управління імпульсом вибуху та визначення розмірів зон вибухового навантаження з урахуванням конструктивних та енергетичних особливостей свердловинного заряду. Звертається увага на те, що при вибуховому навантаженні частки середовища залучаються до руху, і зона їх охоплення збільшується з поширенням фронту збурень. Якщо відносне зміщення частинок перевищує критичне, то середовище, що безпосередньо прилягає до заряду вибухової речовини, руйнується окремо під дією стискаючих зусиль в умовах всебічного стиснення. На незначно віддалених відстанях середовище руйнується також в умовах всебічного стиснення внаслідок тангенційної напруги. У цих зонах з'являються радіальні тріщини із поширенням від заряду (рис. 2).

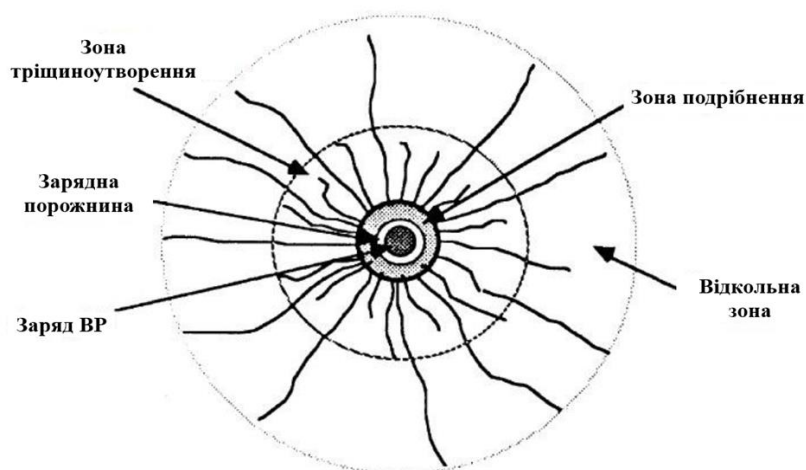


Рисунок 2. Схематичне зображення зон дроблення, тріщиноутворення та відколу, викликаних вибухом заряду ВР у породі.

Також автор порівнює різні методики (І.П. Ванягіна, В.О. Боровікова/ Б.М. Кутузова та О.П. Андрієвського/ М.Ф. Друкованого, В.В. Реви/ Б.Р. Ракішева) розрахунку зон руйнування.

У четвертому розділі автором проведена оцінка ефективності пропонуваніх рішень в умовах кар'єру ПРАТ «ІНГЗК». Для оцінки зниження витрат на підготовку гірських порід до виймання шляхом підривання високих уступів здобувач оцінив ефективність роботи бурових верстатів для висот уступів від 15 до 30 м.

При підрахунку продуктивності бурових верстатів для різних висот уступів приймалися до уваги технічні можливості буріння свердловин такої глибини. На основі результатів експерименту з буріння різних за висотою уступів, виявлена чітка залежність зміни продуктивності буріння.

## ВИСНОВКИ

Питаннями теорії вибуху і оптимізації параметрів буро-вибухових робіт займалися Н.Ф. Суханов, М.М. Боресков, Н.А. Садовський, Я.Б. Зельдович, О.Є. Власов, Г.І. Покровський, Ф.А. Баум, О.Є. Власов, К.П. Станюкович, Г.П. Демідюк, С.Д. Вікторов, Н.М. Козаков, Е.І. Єфремов, О.М. Ханукаєв, В.А. Боровиков, Ч. Норен, К. Хіно, Р. Коул, Кутузов Б.М., Андрієвський О.П., Друкований М.Ф., Ракішев Б.Р., Боровіков В.О., Ванягін І.П. та інші видатні вчені.

На основі виконаного огляду та аналізу теоретичних досліджень та досвіду підривання масивів гірських порід, а також виконаних аналітичних розрахунків можна зробити наступні висновки:

1. Використання високих уступів при відкритій розробці характеризується значною ефективністю, особливо в умовах залізорудних кар'єрів. До найбільш істотних переваг таких уступів слід віднести поліпшення технологічних та техніко-економічних показників гірничого обладнання.
2. Практикою ведення буропідривних робіт на уступах заввишки 20-30 метрів виявлено такі проблеми: великий вихід великих фракцій; завищення підшви уступу до 4 метрів. Причиною незадовільних результатів є формування великих за величиною, труднопереборних ліній найменшого опору підшви уступу.
3. Серед розглянутих способів вирішення завдання якісного опрацювання підшви уступу в сукупності із забезпеченням заданого ступеня дроблення, найперспективнішим вбачається управління енергією вибуху шляхом використання розподіленого заряду із проміжками з інертного матеріалу.
4. Наведено основні методики розрахунку розмірів зон дроблення, тріщиноутворення, відколу з урахуванням характеристик вибухових речовин, що використовуються, та фізико-технічних властивостей гірських порід. Оцінено ефективність використання технології підривання розподіленого заряду за запропонованими методиками.
5. Виявлено, що при збільшенні висоти уступу з 15 до 30 м продуктивність верстата УСБШ-250 зростає на 17%, що в умовах роботи кар'єру

Інгулецького ГЗК на проектну потужність дозволяє скоротити парк бурового обладнання верстатів УСБШ-250 на одну одиницю.

6. Продуктивність верстата Atlas Copco Pit Viper-271E при збільшенні висоти уступу з 15 до 30 м може бути підвищена на 5%. Таке мале зростання продуктивності верстата Pit Viper-271E пояснюється тим, що в його робочому циклі частка часу чистого буріння більша, ніж у верстата УСБШ-250, а тому скорочення часу переміщень верстатів також буде меншим.

Подальші наукові дослідження будуть направлені на проведення промислових експериментів щодо підготовки порід до виймання підриванням високими уступами. Також планується більш ґрунтовне вивчення впливу збільшення висоти уступу на ефективність інших технологічних процесів.

## **ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Hryhoriev Yu.I., Sliusar S.V., Herasymchuk O.M. Adaptation of the production system of the mining complex as a reaction to the dynamics of the external environment. International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 1. 272 pages. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-55>

## **АНОТАЦІЯ**

Герасимчук О. Дослідження шляхів зниження витрат на підготовку гірських порід до виймання в умовах ПРАТ «Інгулецький ГЗК». Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 184 Гірництво. ОПП «Новітні технології розробки родовищ корисних копалин» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

В роботі виконано ґрунтовний аналіз сучасного стану і перспектив інтенсифікації видобутку залізної руди глибокими кар'єрами, наведений актуальний стан уявлень про механізм розпушення гірських порід вибухом свердловинних зарядів. Проведено аналіз існуючих методів вибухового розпушення залізородного масиву при його відпрацюванні високими уступами. Розглянуто коло питань руйнування гірських порід методом парно-наближених та похилих свердловинних зарядів, підривання високих уступів на неприбрану гірську масу, метод котлових зарядів, а також комбіновані свердловинні заряди вибухових речовин на залізородних кар'єрах. Виконаний аналіз ґрунтується на досвіді глибоких кар'єрів Кривбасу щодо підривання високих уступів. В роботі проведені аналітичні дослідження впливу питомої енергії вибухової речовини на розміри зон дроблення,

тріщиноутворення і відколу, розглянуто управління імпульсом вибуху при відбійці гірських порід на кар'єрах, а також визначення розмірів зон вибухового навантаження з урахуванням конструктивних та енергетичних особливостей свердловинного заряду. Виконано оцінку ефективності пропонованих рішень, що послугувало для подальшої підготовки висновків і рекомендацій щодо зниження витрат на підготовку гірських порід до виймання в умовах ПРАТ «Інгулецький ГЗК».

ГІРНИЧІ РОБОТИ, ВИБУХОВІ РОБОТИ, ВІДКРИТА РОЗРОБКА, ЗАЛІЗНІ РУДИ, БУРІННЯ, ПІДРИВАННЯ.

## **ABSTRACT**

Herasymchuk O. Study of ways to reduce the cost of preparing rocks for extraction at PJSC "Ingulets GOK". Qualification work for a master's degree in the speciality 184 Mining. Thesis "The latest technologies of mineral deposits development" - LLC "TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICA", Kryvyi Rih, 2024.

The paper provides a thorough analysis of the current state and prospects for intensifying iron ore mining in deep open pits, and presents the current state of understanding of the mechanism of rock loosening by borehole charge explosion. An analysis of existing methods of explosive loosening of iron ore massif during its mining by high ledges is carried out. The paper considers a range of issues related to rock destruction by the method of pair-approaching and inclined borehole charges, blasting high ledges on uncleared rock mass, the method of boiler charges, and combined borehole charges of explosives in iron ore quarries. The analysis is based on the experience of deep quarries in Kryvyi Rih in blasting high ledges. The paper analyzes the influence of the specific energy of the explosive on the size of the crushing, cracking, and spalling zones, considers the control of the explosion pulse during rock blasting in open pits, and determines the size of the blast load zones taking into account the design and energy characteristics of the borehole charge. The effectiveness of the proposed solutions was evaluated, which served to further prepare conclusions and recommendations for reducing the cost of preparing rocks for extraction in the conditions of PJSC "Ingulets Mining".

MINING, BLASTING, OPEN PIT MINING, IRON ORE, DRILLING, BLASTING.