

<https://doi.org/10.59911/conf.2023.8>

УДК 550.8(622.1+553.3) (477)

МЕХАНІЧНА ЕНЕРГОЄМНІСТЬ БУРІННЯ ПОРІД КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ МАГНІТНОЇ АНОМАЛІЇ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ПАРАМЕТРИ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗИСТИХ КВАРЦИТІВ

Зелінський М.А.¹, Николаєв О.С.¹, Барма П.А.²

*¹ТОВ «Єривітський гірничо-збагачувальний комбінат»,
Горішні Плавні, Україна, Nikolay.Zelinskiy@mine.ferrexpo.com,
Aleksy.Nikolaev@mine.ferrexpo.com*

²ТОВ «Епірок Україна», Кривий Ріг, Україна, pavel.barma@epiroc.com

Представлено результати аналізу розподілу механічної енергоємності буріння у породах кар'єрів Полтавського та Єривітського гірничо-збагачувальних комбінатів.

Ключові слова: механічна енергоємність буріння, Кременчуцька магнітна аномалія, залізисті кварцити, Феррекспо.

MECHANICAL SPECIFIC ENERGY OF ROCKS OF THE KREMENCHUK MAGNETIC ANOMALY AND ITS INFLUENCE ON THE MINING PARAMETERS OF BANDED IRON FORMATIONS

Zelinskiy M.A.¹, Nikolaev A.S.¹, Barma P.A.²

*¹«Ferrexpo Yeristovo Mining» Ltd, Horishni Plavni, Ukraine,
Nikolay.Zelinskiy@mine.ferrexpo.com,
Aleksy.Nikolaev@mine.ferrexpo.com*

²LLC «Epiroc Ukraine», Kryvyi Rih, Ukraine, pavel.barma@epiroc.com

The results of the distribution analysis of the Mechanical Specific Energy value of rock drilling in FPM and FYM mines are presented.

Keywords: mechanical specific energy, Kremenchuk magnetic anomaly, banded iron formation, Ferrexpo.

Вступ. Буро-вибухові роботи займають значний відсоток у собівартості видобутку корисних копалин. Оптимізація буріння свердловин є одним з пріоритетних завдань для гірничодобувних підприємств. Особливо актуальним це питання є для

надрокористувачів, що розробляють кристалічні породи, зокрема залізисті кварцити.

Видобуток рудних покладів Полтавського та Єривського гірничо-збагачувальних комбінатів неможливий без попереднього дроблення масиву вибухом, а мінливість фізико-механічних властивостей порід вимагає комбінації різних буро-вибухових сіток для досягнення необхідних показників продуктивності.

Одним з перспективних інструментів оптимізації буро-вибухових робіт може слугувати аналіз параметрів буріння свердловини та розрахунок механічної енергоємності буріння (Mechanical Specific Energy – MSE).

Аналіз попередніх досліджень. Концепція механічної енергоємності буріння в бурінні гірських порід розвивалася протягом багатьох років і була наслідком поєднання досліджень у гірництві, механіці гірських порід та інженерії.

Згідно з Teale R. [2], механічна енергоємність буріння визначає кількість енергії, яка необхідна для зрушення або руйнування одиниці гірської породи під час буріння. Ця концепція допомагає визначити ефективність процесу буріння та обрати оптимальні інструменти і параметри для досягнення бажаних результатів.

Фактичний матеріал та методика досліджень. Методичною основою дослідження слугували роботи Teale R. [2] і Segui J.V. та Higgins M. [1]. За отриманими з журналів бурових установок даними, що зібрані при бурінні свердловини, по кожній пробі розраховується коефіцієнт MSE.

$$MSE = DE \cdot \left(\frac{WOB}{Area} + \frac{2 \cdot \pi \cdot Torque \cdot RPM}{Area \cdot ROP} \right)$$

де:

MSE – (Mechanical Specific Energy) механічна енергоємність буріння;

DE – (Drilling Efficiency) ефективність буріння, втрати енергії у буровому долоті (30-40 %) та інші емпіричні коефіцієнти (прийнята 0,1);

WOB – (Weight On Bit) осьове навантаження на долото, кН;

RPM – (Revolutions Per Minute) кількість обертань за хвилину, об/хв (хв^{-1});

Torque – крутний момент на долоті, кН*м;

Area – площа перерізу свердловини (м^2);

ROP – (Rate Of Penetration) швидкість проникнення долота, м/хв.

Фактичним матеріалом для дослідження були дані, отримані компанією під час бурових робіт. Запис параметрів буріння відбувався на самохідних бурових установках серії «Pit Viper» виробництва компанії «Erigos». Ці установки в автоматичному режимі проводять збір необхідних даних кожні 2 см глибини свердловини.

Дослідження проводились на даних, зібраних за 2018–2023 рр. Для статистичного аналізу всі дані приведено до інтервалів довжиною 1 м. Усі свердловини, що мали хоча б один інтервал з некоректними значеннями записаних параметрів вилучалися повністю. Для аналізу відібрано свердловини однакового типу та діаметру долота.

Аналіз розподілу значень MSE вниз по свердловині виконано для інтервалів довжиною 1 м. Аналіз розподілів у межах окремих літологічних типів порід та по горизонтах виконано по усереднених значеннях параметрів з інтервалу 4–10 м.

Джерелом первинних даних та інструментом початкової обробки (середньозважений перерахунок до необхідного інтервалу) слугувало програмне забезпечення Surface Manager компанії Erigos. Джерело картографічних матеріалів – QGIS (карта – Open Street Map). Обробка, фільтрація та тривимірне математичне моделювання даних виконано в програмному забезпеченні Datamine Studio RM. Статистичний аналіз виконано в Datamine Studio RM та Microsoft Excell.

Отримані результати, їх обговорення. Кар'єри Полтавського та Єристівського ГЗК розміщені на лівому березі р. Дніпро, в Кременчуцькому районі, Полтавської області (рис. 1).

Кар'єром Полтавського ГЗК ведеться видобуток залізистих кварцитів Горішне-Плавнинсько-Лавриківської ділянки надр. Рудні поклади складені першим та другим залізистими горизонтами Саксаганської світи Криворізької серії.



Рис. 1. Оглядова карта розташування кар'єрів Полтавського (1) та Єристівського (2) ГЗК (ПЗ QGIS, карта – Open Street Map)

Поклади Єристівського родовища складені переважно третім та частково першим і другим залістими горизонтами Саксаганської світи.

Для створення бази даних та дослідження коефіцієнту MSE використано дані понад 27000 свердловин. На їх основі проведено аналіз розподілу значень MSE вниз по свердловині, в межах окремих літологічних типів порід та по площині.

Результати аналізу вниз у вертикальному перетині свердловини представлено на рисунку 2. На графіку подано усереднені значення кожного інтервалу свердловини окремо по типам порід. Показовою є тенденція збільшення значень зі збільшенням глибини буріння і різний її характер для різних інтервалів буріння. Більш різкий ріст значень MSE на початку

кривих (1–4 м буріння), імовірно, пов'язується з руйнуванням покрівлі, що спричинене попередніми вибуховими роботами. Для мінімізації такого впливу в наступних дослідженнях використані усереднені для свердловини дані з інтервалу 4–10 м.

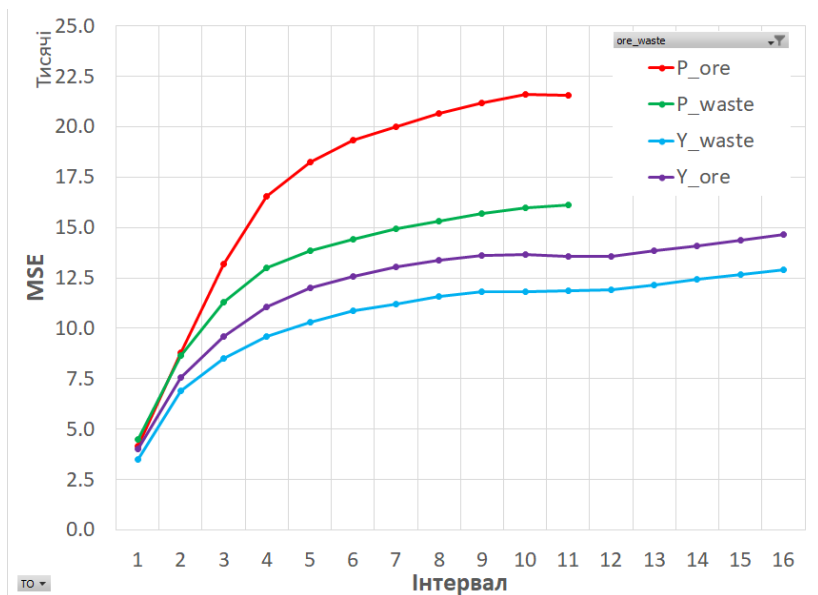


Рис. 2. Графік середніх значень MSE для окремого інтервалу буріння

Результати аналізу розподілу значень MSE в межах окремих літологічних типів порід представлено на рисунку 3. В цілому, вони узгоджуються з існуючими на підприємствах схемами класифікації порід за коефіцієнтами міцності та буримості.

Результати аналізу розподілу значень параметру MSE по площині представлені на рисунку 4. У якості прикладу наведено результат оцінки горизонту –30 м Єривського ГЗК. Перемінність значень по площі зумовлена, першочергово, літологічною неоднорідністю. Водночас, спостерігається диференціація значень MSE у межах одного літологічного типу породи, що може бути підставою для перегляду проектної сітки буріння вибухових свердловин у майбутньому, або зміни параметрів заряджання поточних.

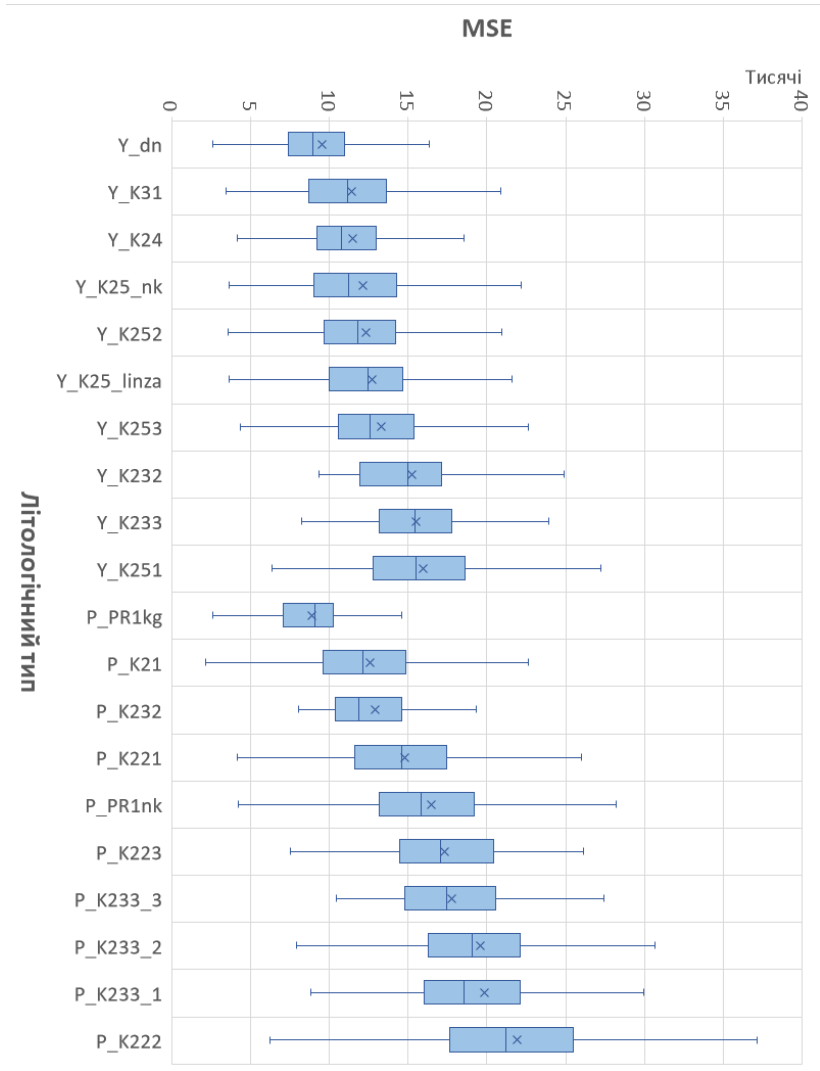


Рис. 3. Ящикова діаграма з вусями розподілу значень параметру MSE по літологічних типах характеризує основні статистичні характеристики стаціонарної змінної (розповсюдження, дисперсію, куртозис)

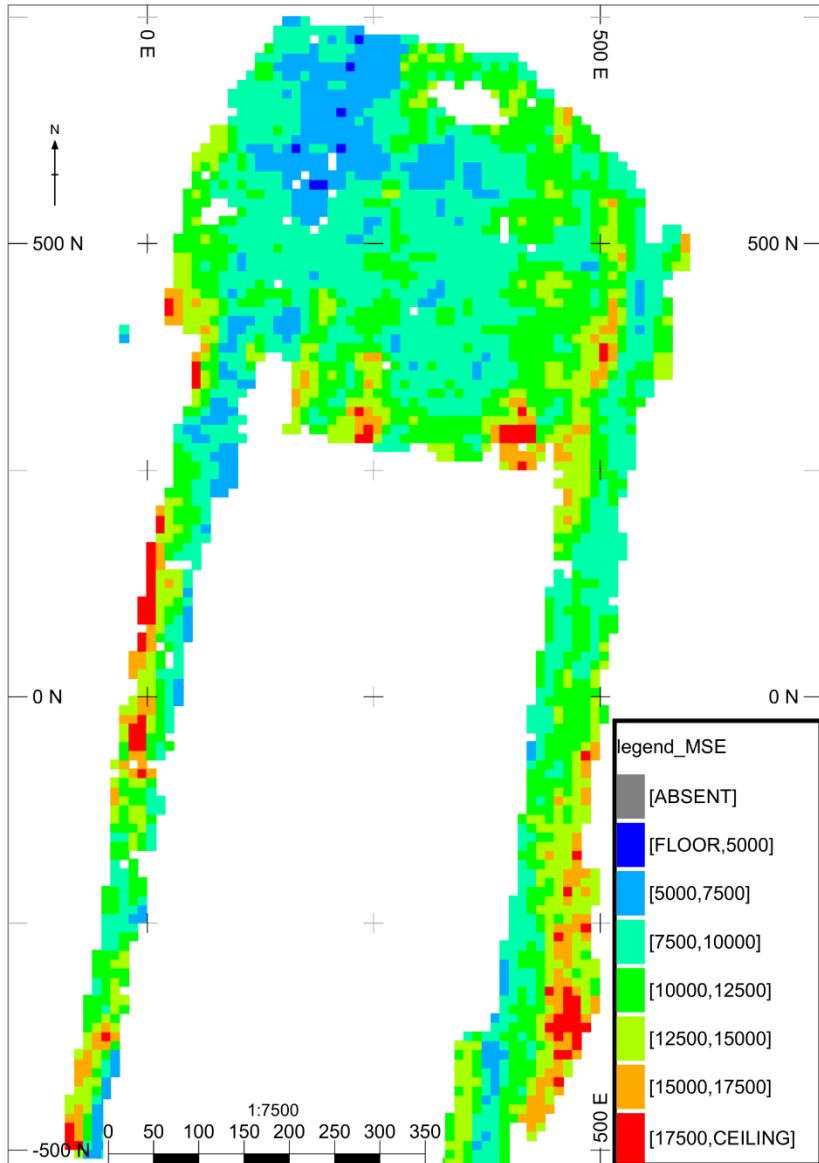


Рис. 4. Оцінка розподілу значень параметру MSE на горизонті -30 м у кар'єрі Єрисівського ГЗК. Розмір «кубика» -10 м

Висновки. Отримані результати дають уявлення про розподіл значень параметру механічної енергоємності буріння (MSE) в межах кар'єрів Полтавського та Єристівського ГЗК. Загалом, дані по MSE добре узгоджуються з відомостями про геологічну структуру родовищ. Найвищі показники характерні здебільшого рудним покладам, тоді як найменші – гранітам і гранітоїдам, що обрамляють породи Криворізької серії. У той же час, спостерігається досить висока варіативність MSE в межах кожного окремого літологічного типу порід. Отримані результати є основою для подальшого вивчення концепту MSE в умовах родовищ компанії Ferrero та дослідження можливості використання коефіцієнту для оптимізації видобувних робіт.

Перелік використаної літератури

1. Segui J.B. & Higgins M. (2002) Blast Design Using Measurement While Drilling Parameters, *Fragblast*, 6:3–4, 287–299, DOI: 10.1076/frag.6.3.287.14052
2. Teale, R. (1964) The concept of specific energy in rock drilling. *Rock Mechanics Mining Science*, vol. 2, pp 57–73.