

© М.М. Кононенко¹, О.Є. Хоменко¹, А.В. Косенко²

¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

² Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С.Полякова НАН України, Дніпро, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ДІЮЧОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ БУРОПІДРИВНИХ РОБІТ ЗА ПРАЦЕЗДАТНІСТЮ ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ

© M. Kononenko¹, O. Khomenko¹, A. Kosenko²

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

² Branch for Physics of Mining Processes of the M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine

IMPROVEMENT OF THE CURRENT METHODOLOGY FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF DRILLING AND BLASTING ON THE EXPLOSIVE FORCE

Мета. Удосконалення діючої методики розрахунку параметрів буропідричних робіт (БПР) завдяки визначенню коефіцієнта працездатності за ступенем реалізації швидкості детонації для всіх типів промислових вибухових речовин (ПВР).

Методика дослідження. Для вирішення поставленого завдання було використано системний підхід, що включав аналіз діючої галузевої методики розрахунку параметрів БПР при підземному видобуванні руд з використанням ПВР, удосконалення ступеневої залежності розрахунку лінії найменшого опору (ЛНО) зарядів шляхом визначення коефіцієнта працездатності ПВР, який враховує ступінь реалізації швидкості детонації, а також апробація вдосконаленої методики в умовах діючої залізорудної шахти.

Результати дослідження. Згідно методики визначення коефіцієнта працездатності вибухових речовин (ВР) за ступенем реалізації швидкості детонації та за результатами експериментальних досліджень зміни швидкості детонації наливної емульсійної вибухової речовини (ЕВР) Україніт-ПП-2 запропоновано удосконалення діючої галузевої методики розрахунку параметрів БПР для шахт Криворізького басейну та Приватного акціонерного товариства «Запорізький залізорудний комбінат» (ПрАТ «ЗЗРК»). Це дозволило, в умовах експериментального блоку шахти «Ювілейна» ПрАТ «Суша Балка» при використанні наливної ЕВР Україніт-ПП-2, збільшити ЛНО і відстань між вибоями свердловин до 17%, та отримати добрі результати подрібнення руди.

Наукова новизна. Удосконалено відому ступеневу залежність визначення ЛНО свердловин для відбивання масиву через уточнення коефіцієнта відносної працездатності ПВР, що враховує ступінь реалізації швидкості детонації ВР.

Практичне значення. Результатами досліджень удосконалено ступеневу залежність розрахунку ЛНО за працездатністю ВР з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації, використання якої дозволить раціоналізувати параметри БПР при відбиванні масиву руди за допомогою всіх типів ПВР.

Ключові слова: промислова вибухова речовина, емульсійна вибухова речовина, буропідричні роботи, коефіцієнт працездатності вибухової речовини, лінія найменшого опору.

Вступ. Стратегія сталого розвитку України основним чином базується на ефективній роботі гірничорудної підгалузі [1]. Адже гірничорудна підгалузь забезпечує чорну металургію залізною рудою, а підприємства, що використовують чорні метали, забезпечують близько 40 % валютних надходжень в країну [2]. Тому насамперед ефективність роботи гірничорудної підгалузі дозволить гарантувати стабільний розвиток економіки України.

Водночас одним із основних процесів видобутку залізорудної сировини, в умовах шахт Кривбасу та ПрАТ «ЗЗРК», є очисні роботи, що виконуються, в основному, з використанням відбивання руди за допомогою енергії вибуху [1]. Трудомісткість цього комплексу робочих процесів сягає до 50% від загальної трудомісткості за очисними роботами. БПР значним чином впливають на повноту вилучення руди із надр землі, якість видобутої рудної маси та її собівартість, а також стан докільця і здоров'я гірників [3]. Особливістю ведення БПР у підземних умовах є: різноманіття гірничо-геологічних умов залягання рудних покладів, застосування різних варіантів систем розробки, взаємозв'язок БПР з технологією відпрацювання родовища та із застосуванням гірничого обладнання, використання різних методів ведення БПР і нових типів ВР, зміна фізико-механічних властивостей гірських порід із збільшенням глибини гірничих робіт. Це призводить до необхідності урахування зазначених чинників при проектуванні БПР для відбивання масиву, одним з яких є працездатність наливної ЕВР.

Постановка завдання. Аналізом технології відбивання руд на залізорудних шахтах України [4], встановлено, що в умовах шахт Криворізького басейну [5], залежно від розташування відслоненої площини очисного вибою [6], найбільшого поширення набули наступні варіанти відбивання руди свердловинами: горизонтальними шарами на підсічний компенсаційний простір, похилими шарами на похилу підсічну камеру та вертикальними шарами на камеру, на компенсаційну щілину або у затиснутому середовищі. В умовах шахт ПрАТ «ЗЗРК» відбивання руди здійснюється за допомогою глибоких свердловин вертикальними шарами на компенсаційну відрізню щілину, що утворена на всю висоту камери. За взаємним розташуванням при розбурюванні масиву руди набули поширення паралельна, віялова, віялово-пучкова та паралельно-пучкова схеми розташування свердловин.

При проектуванні відбивання масиву свердловинами обирають та розраховують наступні основні параметри БПР: діаметр і довжину свердловин, схему їх розташування, параметри сітки свердловин – ЛНО та відстань між їх виboями. Зазначені параметри залежать від фізико-механічних властивостей масиву руди і його напружено-деформованого стану, умов відбивання та застосованого типу ВР. Виконаємо короткий аналіз основних параметрів з пошуком можливості їх удосконалення.

Діаметр свердловин має вплив на розміри сітки їх розташування W і a , якість подрібнення та техніко-економічні показники відбивання масиву. Виходячи з практичного досвіду, на залізорудних шахтах України використовуються наступні діаметри свердловин 89, 102, 105 і 110 мм, а при розвороті дучок у приймальні воронки – штангові шпури діаметром 65, 75 і 85 мм. Як відомо з практич-

ного досвіду, зменшення діаметру призводить до збільшення кількості свердловин та зменшення сітки їх розташування і навпаки, при використанні великих діаметрів свердловин зменшується їх загальна кількість та зростають параметри сітки розбурювання. Світовий досвід використання ЕВР для відбивання руди показав, що найбільш прийнятним діаметром свердловин, у якому можна сформувати та утримати заряд, є 89 мм [7]. Уперше в світі, в умовах ПрАТ «ЗЗРК», при використанні для відбивання масиву наливною ЕВР Україніт-ПП-2 було розроблено технологію формування й утримання заряду у кругових віялах свердловин діаметром 102 і 105 мм. На практиці діаметр свердловин приймають залежно від бурового обладнання та бурового інструменту.

На довжину свердловин має вагомий вплив конструкція системи розробки, безпосередньо розміри масиву руди, що висаджується, а також припустимі відхилення при бурінні свердловин від проектного напрямку. Водночас завжди необхідно забезпечення швидкості детонації ВР за всією довжиною заряду у свердловині. Згідно практичного досвіду, при відбиванні масиву свердловинами за допомогою розсипних ВР, довжина свердловин коливається у межах від 5 до 45 м. На підставі отриманих результатів дослідження зміни густини та швидкості детонації ЕВР за довжиною заряду, було встановлено раціональну початкову густину наливної ЕВР Україніт-ПП-2, що дорівнює 800 – 1000 кг/м³ [8]. За такої початкової густини ЕВР та діаметрах штангових шпурів – 65 – 85 мм, і свердловин – 89 – 110 мм, швидкість детонації буде мати значення від 4500 до 5700 м/с за довжиною заряду до 45 м. При збільшенні початкової густини наливної ЕВР Україніт-ПП-2 довжина заряду буде зменшуватись, що пов'язано зі збільшенням густини до критичної величини у 1410 кг/м³, за якої затухає детонація. Тому при використанні для відбивання масиву наливною ЕВР Україніт-ПП-2 з початковою густиною 950 – 1000 кг/м³ довжина свердловин діаметром 89 – 110 мм може сягати до 50 м. Але, ще одним важливим чинником, що обмежує довжину свердловин, є відхилення їх від проектного (заданого) напрямку. Це у свою чергу напряму залежить від способу буріння, а також під яким кутом свердловина зустрічається з прошарками, що складають масив руди, та їх міцності. Практичним досвідом встановлено, що при застосуванні віялової схеми розташування свердловин, задовільна якість подрібнення руди забезпечується при їх середній довжині до 25 м та довжині окремих поодиноких свердловин до 35 м, а при використанні паралельної схеми довжина свердловин може сягати 40 – 50 м [9].

Під розмірами сітки свердловин розуміють геометричні параметри БПР, а саме ЛНО W та відстань між вибоями свердловин або штангових шпурів a [1]. Ці показники мають вагомий вплив на трудомісткість робіт, витрати вибухових матеріалів (ВМ), якість подрібнення руди та, як наслідок собівартість відбивання масиву. Як було зазначено вище на розміри сітки свердловин впливає діаметр, фізико-механічні властивості масиву руди та детонаційні характеристики ВР. Аналізом методик розрахунку параметрів БПР при відбиванні руд [10], встановлено, що на сьогодні залізорудними шахтами Криворізького басейну та ПрАТ «ЗЗРК» у якості галузевої, використовується методика [11], що розроб-

лена проф. Капленко Ю.П. [12], за допомогою якої розраховуються основні параметри БПР, а саме ЛНО і відстань між вибоями свердловин або штангових шпурів. Використання цієї методики розрахунку параметрів БПР не передбачає застосування ЕВР і не дозволяє враховувати їх детонаційні характеристики при проектуванні БПР. Тому, результати розрахунку параметрів БПР при використанні наливної ЕВР Україніт-ПП-2 на шахтах Криворізького басейну та ПрАТ «ЗЗРК» мають не оптимальні результати, що призводить до збільшення обсягів бурових робіт, підвищеної витрати ВМ і зростанню собівартості відбивання руди. Отже удосконалення діючої галузевої методики розрахунку параметрів БПР для ведення очисних робіт має актуальне значення.

Методика досліджень. Удосконалення діючої галузевої методики розрахунку параметрів БПР для відбивання масиву руди при веденні очисних робіт включало в себе виконання наступних етапів:

- аналіз діючої галузевої методики розрахунку параметрів БПР;
- удосконалення методики шляхом визначення коефіцієнта працездатності ПВР, який враховує ступінь реалізації швидкості детонації;
- апробація вдосконаленої методики в умовах реального об'єкта.

Виклад основного матеріалу. Аналізом діючої методики розрахунку параметрів БПР встановлено, що її удосконалення можливо завдяки визначенню коефіцієнта відносної працездатності ВР e з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації [13]. Тому для визначення параметрів БПР при відбиванні масиву глибокими свердловинами рекомендується застосовувати значення коефіцієнта працездатності e , який відповідає наливній ЕВР Україніт-ПП-2. Розрахунок аналітичних значень коефіцієнта працездатності виконується залежно від діаметру заряду, щільності заряджання та швидкості детонації за сучасною методикою, основні положення якої подано у роботі [14].

Послідовність розрахунку параметрів БПР за удосконаленою галузевою методикою проф. Капленка Ю.П., що діє дотепер.

Експериментальна швидкість детонації наливної ЕВР Україніт-ПП-2 [8] при її густині – $800 \leq \rho < 1300$ кг/м³ визначається за формулою

$$D_e = (4,8 \cdot \rho + 1926) \cdot d^{0,014 \cdot \sqrt[3]{\rho}}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

де ρ – щільність (густина) ВР, кг/м³; d – діаметр штангового шпuru або свердловини (заряду), м.

При використанні інших ВР приймається за характеристиками ВР.

Ідеальну швидкість детонації, тобто максимально можливу при заданій щільності (густині) ВР, визначають за формулою, запропонованою китайськими дослідниками [15]

$$D_i = 2641 + 3,231 \cdot \rho \cdot \sqrt{\omega}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

де ρ – щільність (густина) ВР, г/см³; ω – характеристичний добуток теплоти вибуху на об'єм продуктів вибуху для оцінки ефективності ВР (Бертло М., 1883)

$$\omega = Q_{BP} \cdot V_{ПВ}, \quad (3)$$

Q_{BP} – теплота вибуху ВР, ккал/кг, визначається діленням значення Q_{BP} в кДж/кг на коефіцієнт 4,19 (механічний еквівалент теплової енергії); $V_{ПВ}$ – об’єм продуктів вибуху, л/кг.

Ступінь реалізації швидкості детонації тобто завершеність хімічної реакції

$$\eta_x = \frac{D_e}{D_i} \cdot 100, \% \quad (4)$$

де D_e – експериментальна швидкість детонації, м/с.

Теплота вибуху з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації складає

$$Q = \frac{Q_{BP} \cdot \eta_x}{100}, \text{ кДж/кг}, \quad (5)$$

де Q_{BP} – теплота вибуху 1 кг ВР, кДж/кг.

Коефіцієнт працездатності ВР розраховується за наступним співвідношенням

$$e = \frac{Q_E}{Q_{BP}}, \quad (6)$$

де Q_E – теплота вибуху 1 кг еталонної ВР (Амоніт № 6 ЖВ) з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації, кДж/кг; Q_{BP} – теплота вибуху 1 кг прийнятої ВР з урахуванням ступеня реалізації швидкості детонації, кДж/кг.

Інтегральний показник вибуховості визначається за формулою

$$C_o = 20 + 56 \cdot e^{-0,2 \cdot f}. \quad (7)$$

де f – коефіцієнт міцності порід за шкалою проф. Протод’яконова М.М.

Розрахункове значення ЛНО без урахування напружено-деформованого стану масиву визначається за наступним виразом

$$W = K_n \cdot C_o \cdot d \cdot \sqrt{\rho} \cdot e, \text{ м}, \quad (8)$$

де K_n – коефіцієнт, який враховує неоднорідність масиву гірських порід, що дорівнює 0,9 – 1,0; ρ – щільність заряджання ВР, т/м³; e – коефіцієнт працездатності ВР відносно Амоніту № 6 ЖВ, що визначається за формулою (6).

Розрахункове значення коефіцієнта зближення зарядів визначається за формулою

$$m = 0,726 + 0,906 \cdot e^{-0,146 \cdot f}, \text{ ч.о.} \quad (9)$$

Відстань між вибоями штангових шпурів або свердловин [16] становить

$$a = m \cdot W, \text{ м}. \quad (10)$$

Величина ЛНО для зближених свердловин [17] відповідає виразу

$$W_c = W \cdot \sqrt{n_c}, \text{ м}, \quad (11)$$

де n_c – кількість зближених свердловин, шт.

За результатами проведеної в умовах ПрАТ «Суха Балка» 28.01.2020 технічної наради, було запропоновано обґрунтування параметрів БПР при відбиванні масиву руди шляхом уточнення галузевої методики, що використовується підприємством, на прикладі умов відпрацювання експериментального блоку в маркшейдерських осях 84 – 88 покладу «Головна» на горизонті 1340 м шахти «Ювілейна». За результатами вивчення проектів на нарізку та відпрацювання блоків на шахтах «Ім. Фрунзе» і «Ювілейна» встановлена необхідність уточнення методики розрахунку параметрів БПР, що використовується в умовах шахт ПрАТ «Суха Балка», за рахунок розширення значень коефіцієнта працездатності для наливної ЕВР Україніт-ПП-2.

Вихідними даними для виконання уточненого розрахунку прийняті дані проекту № 1765 нарізних і очисних робіт експериментального блоку в маркшейдерських осях 84 – 88 I-й підповерх покладу «Головна» горизонту 1340 м шахти «Ювілейна»: коефіцієнт міцності руди – $f = 9$, тип ВР – наливна ЕВР Україніт-ПП-2, діаметр свердловин – 0,105 і 0,110 м, щільність заряджання – $\rho = 1000$ кг/м³. Результати розрахунку параметрів БПР, що виконано за удосконаленою галузевою методикою проф. Капленка Ю.П. з використанням формул (8) і (11) подано у табл. 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку параметрів БПР
для умов шахти «Ювілейна» ПрАТ «Суха Балка»

Параметр	Діюча методика		Удосконалена методика	
	Діаметр свердловини, d , м	0,105	0,110	0,105
Коефіцієнт міцності руди, f	9		9	
Коефіцієнт неоднорідності, K_n	0,95		0,95	
Щільність заряджання, ρ , т/м ³	1,0		1,0	
Коефіцієнт працездатності ЕВР, e	0,9		1,1	1,09
Показник вибуховості, C_o	29,257		29,257	
ЛНО, W , м	2,7	2,8	3,2	3,3
Коефіцієнт зближення зарядів, m	1,0		1,0	
Відстань між вибоями свердловин, a , м	2,7	2,8	3,2	3,3
Кількість зближених свердловин, n_c , шт.	2		2	
ЛНО для зближених свердловин, W_c , м	3,8	4	4,5	4,7

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що коефіцієнт працездатності ВР, який враховує ступінь реалізації швидкості детонації для наливної ЕВР Україніт-ПП-2, дозволяє збільшити ЛНО W і відстань між вибоями свердловин a на 15 – 17%, а ЛНО для зближених свердловин W_c на 12 – 17%, відповідно, для $d = 0,105$ м (менше значення) і для $d = 0,110$ м (більше значення).

У якості прикладу розглянемо результати відбивання масиву за розрахованими параметрами (табл. 1) при відпрацюванні експериментального блоку в маркшейдерських осях 84 – 88 покладу «Головний» на горизонті 1340 м шахта «Ювілейна» ПрАТ «Суха Балка», що подано на рис.



Рис. Фотофіксація у штреку скреперування (а) та дучці (б) результатів подрібнення руди після відбивання масиву за допомогою наливної ЕВР Україніт-ПП-2 при відпрацюванні запасів експериментального блоку

Підриванням масиву із розрахованими параметрами за допомогою удосконаленої методики з використанням наливної ЕВР Україніт-ПП-2 при відпрацюванні запасів експериментального блоку в маркшейдерських осях 84 – 88 шахти «Ювілейна» ПрАТ «Суха Балка» отримано добрі результати подрібнення руди. За аналізом гранулометричного складу встановлено, що відбитий масив було подрібнено на фракцію розміром $< 0,01$ м – 51%, $0,01 - 0,10$ м – 31% і $0,10 - 0,40$ м – 18%, що вказує на придатність удосконаленої галузевої методики для розрахунку параметрів БПР при відбиванні масиву за допомогою наливної ЕВР Україніт-ПП-2.

Висновок: Згідно розробленої методики визначення працездатності ВР за ступенем реалізації швидкості детонації та за результатами експериментальних досліджень зміни швидкості детонації наливної ЕВР Україніт-ПП-2 запропоновано удосконалення діючої галузевої методики розрахунку параметрів БПР для шахт Криворізького басейну та ПрАТ «ЗЗРК». За допомогою удосконаленої методики розраховано параметри БПР для умов шахти «Ювілейна» ПрАТ «Суха Балка» при відпрацюванні експериментального блоку в маркшейдерських осях 84 – 88 покладу «Головний» на горизонті 1340 м. Отримані результати збільшили параметри сітки свердловин діаметрами 105 та 110 мм – до 17%. Відбиванням масиву у межах експериментального блоку отримано добрі результати подрібнення руди та встановлено, що удосконалена методика придатна до розрахунку параметрів БПР при веденні очисних робіт. Це сприяло впровадженню удосконаленої методики розрахунку параметрів БПР для відбивання руд за допомогою наливної ЕВР Україніт-ПП-2 в умовах шахт «Ім. Фрунзе» та «Ювілейна» ПрАТ «Суха Балка».

Перелік посилань

1. Кононенко, М.М., Хоменко, О.Є., & Косенко, А.В. (2022). Чисельне моделювання лінії найменшого опору при підриванні зарядів. *Збірник наукових праць НГУ*, 69, 43–57. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/69.043>
2. Афанасьєв, Є.В., & Нусінов, В.Я. (2013). Стратегічні напрямки гірничо-металургійного комплексу щодо вирішення завдань загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України. *Ефективна економіка*, 5. <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2061>
3. Kosenko, A.V. (2021) Research and substantiation of rational parameters of drilling and blasting operations when using emulsional explosives in underground mining. *Geo-Technical Mechanics*, (158), 33–43. <https://doi.org/10.15407/geotm2021.158.033>
4. Kononenko, M., Khomenko, O., Kovalenko, I., & Savchenko, M. (2021). Control of density and velocity of emulsion explosives detonation for ore breaking. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 69–75. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-2/069>
5. Pysmennyi, S., Brovko, D., Shwager, N., Kasatkina, I., Paraniuk, D., & Serdiuk, O. (2018). Development of complex-structure ore deposits by means of chamber systems under conditions of the Kryvyi Rih iron ore field. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(1 (95)), 33–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142483>
6. Pysmennyi, S., Fedko, M., Shvaher, N., & Chukharev, S. (2020). Mining of rich iron ore deposits of complex structure under the conditions of rock pressure development. *E3S Web of Conferences*, 201, 01022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101022>
7. Коваленко, І.Л., Ступник, Н.І., Короленко, М.К., Полторащенко, С.П., Карапа, І.А., Кіященко, Д.В., & Небогін, В.З. (2016). Особенности технологии формирования скважинных зарядов эмульсионными ВВ Украинит в подземных условиях. *Вісник Криворізького національного університету*, (41), 3–6.
8. Кононенко, М.М., Хоменко, О.Є., Коваленко, І.Л., & Миронова, І.Г. (2022) Дослідження густини та швидкості детонації емульсійних вибухових речовин. *Збірник наукових праць НГУ*, 68, 43–57. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/68.043>
9. Небогін, В.З. Ступнік, М.І., Коваленко, І.Л., Короленко, М.К., Полторащенко, С.П., Карапа, І.А., Шевчик, Д.В., & Кіященко, Д.В. (2019). Розробка інноваційних природоохоронних технологій видобутку та їх комплексне впровадження на залізородних шахтах України. *Інформаційний бюлетень Української спілки інженерів-підривників*, 1(37), 3–9.
10. Мартинов, В.К., & Федько, М.Б. (2008). *Розрахунки основних виробничих операцій, процесів та систем розробки рудних родовищ*. Видавничий центр КТУ.
11. Капленко, Ю.П. (1982). *Методические указания по расчету параметров буровзрывных работ*. КГРИ.
12. Капленко, Ю.П. (1977). *Инструкция по выбору параметров БВР при отбойке руды глубокими скважинами*. КГРИ.
13. Кононенко, М.М., Хоменко, О.Є., & Коробка, Є.О. (2021). Параметри буропідривних робіт для проведення гірничих виробок. *Фізико-технічні проблеми горного виробництва*, (23), 54–71. <https://doi.org/10.37101/ftpgp23.01.004>

14. Kononenko, M., Khomenko, O., Savchenko, M., & Kovalenko, I. (2019). Method for calculation of drilling-and-blasting operations parameters for emulsion explosives. *Mining Of Mineral Deposits*, 13(3), 22–30.
<https://doi.org/10.33271/mining13.03.022>
15. Guang, Wang Xu. (1994). *Emulsion explosives*. Metallurgical Industry Press.
16. Khomenko, O., Kononenko, M., & Savchenko, M. (2018). *Technology of underground mining of ore deposits*. DUT.
<http://doi.org/10.33271/dut.001>
17. Khomenko, O., Kononenko, M., & Kosenko, A. (2022). *Processes of underground mining of ore deposits*. DUT.
<http://doi.org/10.33271/dut.002>

ABSTRACT

Purpose. Improvement of the current methodology for calculating the parameters of drilling and blasting (D&B) by determining the explosive force by the degree of realization of the detonation velocity for all types of industrial explosives (IE).

The methodology of research. To solve the problem, a systematic approach was used, including an analysis of the current industry methodology for calculating the parameters of D&B in underground ore mining using IE, improvement of the power-law dependence of the calculation of the line of least resistance (LLR) of charges by determining the coefficient of explosive force of the IE, taking into account the degree of implementation of the burning rate, as well as approbation of the improved technique in the conditions of the operating iron ore mine.

Findings. According to the methodology for determining the coefficient of explosive force of explosives (EX) according to the degree of implementation of the burning rate and according to the results of experimental studies of the change in the burning rate of the bulk emulsion explosive (EE) Ukrainit-PP-2, an improvement is proposed for the current industry methodology for calculating the parameters of D&B for the mines of the Kriviy Rig basin and the Private Joint Stock Society "Zaporozhye iron ore plant" (PJSS "ZIOP"). This made it possible, in the conditions of the experimental block of the mine "Yubileinaya" of the PJSS "Sukhaya Balka", using the bulk EE Ukrainit-PP-2, to increase the LLR and the distance between the borehole bottom up to 17%, and to obtain good results of ore reduction.

The originality. The well-known power-law dependence of the determination of the LLR of borehole for rock breaking has been improved through the refinement of the coefficient of explosive force of the IE, which takes into account the degree of realization of the burning rate EX.

Practical implications. The results of the research have improved the power-law dependence of the calculation of the LLR on the explosive force, taking into account the degree of implementation of the burning rate, the use of which will allow rationalizing the parameters of the D&B when breaking the ore mass using all types of IE.

Keywords: *industrial explosive, emulsion explosive, drilling and blasting, explosive operability factor, line of least resistance.*