

**В.К. Слободянюк, к.т.н., доц.**  
**М.М. Данілов, магістр**  
**О.В. Письменний, магістр**  
**В.С. Саприкін, магістр**  
*Криворізький технічний університет*

## ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ РУДОСПУСКІВ ДЛЯ РОЗКРИТТЯ ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТІВ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРІВ

*Запропонована класифікація технологічних схем рудоспусків з урахуванням їх конструктивних особливостей та умов експлуатації. Досліджений взаємозв'язок динаміки розвитку гірничих робіт та погашення рудоспусків при розташуванні останніх в робочій зоні кар'єру.*

**Постановка проблеми.** Збільшення глибини високопродуктивних залізорудних кар'єрів в середньому до 300–350 м значно ускладнює гірничотехнічні умови експлуатації родовищ, головним чином, умови роботи транспорту. На глибоких кар'єрах використовують декілька видів як самостійного, так і комбінованого транспорту, які створюють складну транспортну систему. Обмеженість робочого простору глибоких горизонтів залізорудних кар'єрів та наявність у більшості кар'єрів декількох робочих зон потребує вдосконалення існуючих схем розкриття та забезпечення надійного формування вантажотранспортного зв'язку робочих горизонтів з пунктами доставки гірської маси.

Великого розповсюдження на глибоких кар'єрах набули схеми розкриття підземними гірничими виробками: похилим стволом і квершлагом з розміщенням перевантажувальних пунктів на неробочому борту кар'єру – кар'єри ІнГЗК (комплекс Східний та Західний), № 3 НКГЗК, ПівдГЗК. Винятком є кар'єр № 1 ЦГЗК, де перевантажувальний пункт розташовано на робочому борту кар'єру. Використання підземних гірничих виробок дозволяє скоротити відстань транспортування гірської маси кар'єрними автосамоскидами та знизити експлуатаційні витрати.

Але використання таких схем розкриття має свої суттєві недоліки, пов'язані зі стаціонарністю концентраційних горизонтів. При розміщенні перевантажувального пункту на неробочому борту з посуванням та поглиблюванням гірничих робіт поступово збільшується відстань транспортування, що призводить до необхідності перенесення концентраційного горизонту. Розміщення перевантажувального пункту на робочих бортах блокує розвиток гірничих робіт та консервує запаси корисних копалин.

Можливим варіантом удосконалення існуючих схем розкриття за допомогою підземних гірничих виробок є заміна стаціонарних перевантажувальних пунктів рудоспусками, властивість яких погашатися дозволяє зі значно меншими витратами часу і матеріальних ресурсів супроводжувати розвиток гірничих робіт, майже не змінюючи відстань транспортування гірської маси основною ланкою комбінованого транспорту до нового перевантажувального пункту.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Рудоспуски, у більшості випадків, використовуються при розкритті нагірних кар'єрів, але з початку XIX ст. відомі приклади їхнього використання при розкритті глибоких горизонтів потужних крутонахилених покладів (система розробки "Глорі-Хол" [7]). В останні роки посилюється інтерес до використання при відкритій розробці глибоких кар'єрів засобів гравітаційного транспорту [5, 6, 7, 8]. Досвід використання рудоспусків показує різноманітність їх конструкцій та схем використання, широкий діапазон щодо їх глибини та можливостей регулювання продуктивності. З початку промислового використання залізистих кварцитів Кривбасу до теперішнього часу відомо декілька десятків передпроектних проробок щодо використання рудоспусків для відпрацювання залізорудних родовищ, але на вітчизняних залізорудних кар'єрах ця технологія гірничих робіт так і не знайшла практичної реалізації.

**Не вирішені раніше частини основної проблеми.** Сучасний стан проблеми потребує узагальнення світового досвіду використання рудоспусків, що був накопичений за останні десятиріччя минулого століття, його урахування в класифікації рудоспусків та технологічних схем з їх використанням. Потребує детального дослідження технологія поетапного відпрацювання залізорудних кар'єрів крутими виймальними шарами з використанням рудоспусків, що розташовуються в робочій зоні кар'єру. Основна ідея роботи полягає у використанні конструктивних особливостей рудоспусків при виборі та обґрунтуванні раціональних схем розкриття глибоких горизонтів залізорудних кар'єрів.

**Мета статті.** Розробка класифікації технологічних схем рудоспусків з урахуванням їх конструктивних особливостей та умов експлуатації й дослідження взаємозв'язку динаміки розвитку гірничих робіт та погашення рудоспусків при розташуванні останніх в робочій зоні кар'єру.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Рудоспуски (породоспуски) мають широке різноманіття конструкцій та технологічних схем використання, що вимагає узагальнення і розробки класифікації для встановлення області їх раціонального застосування при розкритті глибоких горизонтів залізорудних кар'єрів. Ці розкривні виробки можливо класифікувати за такими основними класифікаційними ознаками (табл. 1):

- розташування відносно контуру кар'єру;
- розташування відносно робочої зони;
- щільність розташування рудоспусків відносно один одного;
- конструкція ствола рудоспуску;
- спосіб погашення;
- схема випуску та навантаження руди з рудоспуску.

Перелічені ознаки вважаються основними. Також рудоспуски класифікують за формою поперечного перетину та за способом кріплення ствола рудоспуску, який, в першу чергу, залежить від властивостей гірничих порід, в яких він розташований, від фізико-механічних властивостей гірської маси, що транспортується, та режиму роботи рудоспуску.

Беручи до уваги той факт, що гірничі роботи постійно розвиваються як в горизонтальному, так і у вертикальному напрямках, в результаті чого відбувається пониження дна кар'єру і видобувних робіт, а з ними – і устя рудоспуску (яке при розташуванні в робочій зоні постійно супроводжує гірничі роботи в просторі у міру свого погашення) для зручності дослідження динамічності розвитку гірничих робіт з урахуванням конструктивних особливостей рудоспусків, пов'язаних з їх падінням відносно посування робочих бортів кар'єру, необхідно ввести додаткові поняття. При розташуванні рудоспусків в робочій зоні відносно посування робочих бортів спостерігається три варіанти:

- коли вектор напрямку транспортування гірської маси по рудоспуску перпендикулярний напрямку горизонтального посування гірничих робіт – вертикальні рудоспуски;
- коли проекція вектора напрямку переміщення гірської маси по рудоспуску співпадає з напрямком горизонтального посування гірничих робіт – рудоспуски узгодженого падіння;
- коли проекція вектора напрямку переміщення гірської маси по рудоспуску не співпадає з напрямком горизонтального посування гірничих робіт – рудоспуски неузгодженого падіння.

При поетапній схемі відпрацювання глибоких кар'єрів крутими виймальними шарами з використанням рудоспусків за взаємним положенням рудоспуску відносно меж шару, який він обслуговує, на поперечному перерізі можливо виділити два випадки.

В першому випадку рудоспуск не перетинає меж шару, а знаходиться в них. При цьому рудоспуск обслуговує крутонахилений шар до повного його відпрацювання, або до повного погашення рудоспуску.

І навпаки, коли рудоспуск перетинає межі двох і більше шарів. В цьому випадку після виходу рудоспуску за межі одного з крутонахилених шарів, які він перетинає, рудоспуск консервують до початку відпрацювання наступного крутонахилого шару.

Розглянемо динаміку розвитку гірничих робіт при розташуванні рудоспуску в робочій зоні кар'єру (рис. 1).

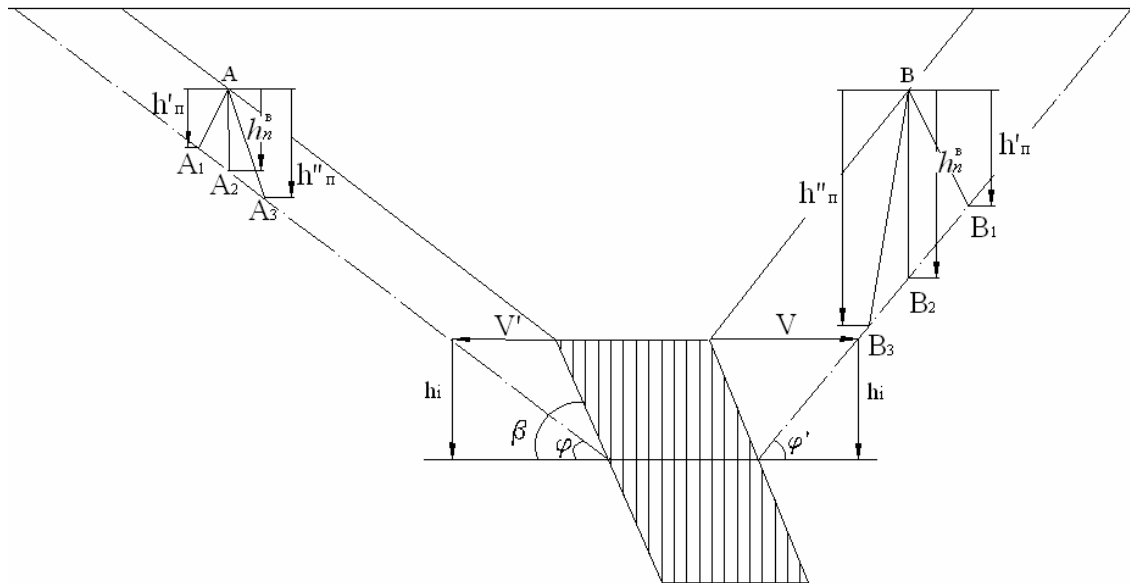
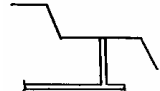
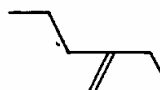



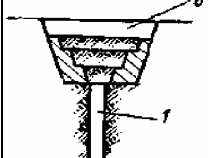
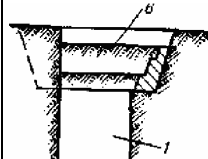
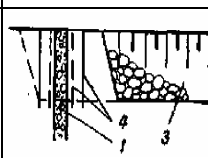
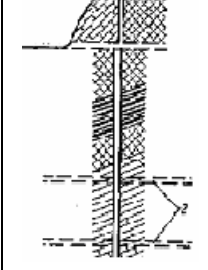
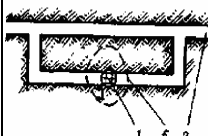
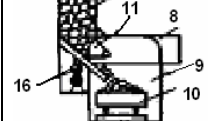


Рис. 1. Взаємозв'язок швидкостей посування робочих уступів  $v, v'$ , пониження гірничих робіт  $h_i$  і швидкостей погашення рудоспусків  $h_n$

Таблиця 1

Класифікація рудоспусків і технологічних схем з їх використанням

Класифікаційні ознаки	Група	Визначення	Схема	Умови використання
I. Розташування відносно контуру кар'єру	а) Зовнішні	Розташовані зовні контури кар'єрного поля		Нагірні родовища. Слабкі породи в межах кар'єру
	б) Внутрішні	Розташовані усередині кар'єрного поля		Будь-які умови залягання родовища
II. Розташування відносно робочої зони	а) На неробочому борті (поза робочою зоною)	Перевантажувальний пункт розташований на неробочому борту		Схема використовується при улаштуванні перевантажувального пункту без подальшого переносу
	б) На тимчасово неробочому борті (в тимчасово неробочій зоні)	Перевантажувальний пункт потрапляє в робочу зону і потребує створення тимчасово неробочого борту		Розробка родовищ етапами
	в) На робочому борту (в робочій зоні)	Гірничі роботи розвинуті навколо рудоспуску з концентраційним фронтом робіт і спряцьовують його до положення неробочого борту		Двобортні системи розробки
III. Щільність розташування рудоспусків відносно один одного	а) Скупчені	Сконцентровані в одній частині кар'єру		Гірничі роботи сконцентровані в одній частині кар'єру
	б) Розосереджені	Розподілені по всій площі кар'єру		Гірничі роботи ведуться по всій площі кар'єру

Класифікаційні ознаки	Група	Визначення	Схема	Умови використання
IV. Конструкція ствола рудоспуску	а) Вертикальні	Розташовані перпендикулярно робочій площадці		Рудоспуски будь-якої глибини та діаметра
	б) Похилі	Розташовані під кутом (90°± 35°)		Рудоспуски глибиною до 100 м (в деяких випадках більше), великого діаметра. Пройдені в монолітних породах
	в) Східчасті	Пройдені у вигляді сходів для зменшення швидкості падіння гірської маси		Рудоспуски значної глибини
	г) Зигзагоподібні (колінчасті)	Пройдені зі зміною напрямку		Незначна глибина рудоспусків. Додаткове подрібнення гірської маси
	д) Комбіновані	Комбінація різних конструкцій рудоспусків		Окремі випадки
V. Спосіб погашення	а) Без наповнення	Над рудоспуском створюється воронка шпуровим способом дрібними підступами з перепуском гірської маси через рудоспуск		Малі діаметри рудоспуску (до 6 м)
	б) З наповненням на всю глибину	Погашають частину рудоспуску і підводять до нього траншею, починають його експлуатацію та погашають іншу частину		Переріз рудоспуску більше 15 м
		Після проведення БВР проходять розрізну траншею і випускають гірську масу з рудоспуску		Рудоспуски не мають перетину з підземними виробками. Породи не схильні до злежування
	в) з наповненням верхньої частини рудоспуску	Рудоспуск перекривають зі штольні, яка виходить в кар'єр		Рудоспуск перетинають підземні виробки
	Проходять спеціальні виробки для перекриття рудоспуску, з'єднані з одним із підземних горизонтів		На родовищах, де між дном кар'єру і горизонтом відкритої штольні ведуться підземні роботи	
VI. Схема випуску та навантаження руди з рудоспуску	а) Гравітаційне навантаження з механічним перебивачем потоку			Вибір схеми залежить від гранулометричного складу гірської маси, вологості, кута природного відкосу,

Класифікаційні ознаки	Група	Визначення	Схема	Умови використання
	б) Скреперне навантаження			схильності до злежування, а також від заданої продуктивності перевантажувального пункту і виду транспорту у відкотній виробці
	в) Навантаження з ланцюговим затвором та пластинчастим живильником			
	г) Навантаження механічним навантажувачем (екскаватор, навантажувальна машина)			
	д) Навантаження віброживильником			
<p>Умовні позначення: 1) устя рудоспуску; 2) підземні виробки між кар'єром та відкотною штольнією; 3) розрізна траншея; 4) вибухові свердловини; 5) фактичний переріз рудоспуску; 6) воронка; 7) акумулююча частина рудоспуску; 8) навантажувальна камера; 9) відкотна виробка; 10) транспортний посуд; 11) механічний переривач потоку; 12) ланцюговий затвор; 13) пластинчастий живильник; 14) скреперна установка; 15) навантажувальна машина; 16) віброживильник; 17) камера; 18) затвор</p>				

При пониженні гірничих робіт на величину  $h_i$  устя рудоспуску переміщується з точки А, при розташуванні рудоспуску в лежачому боку, в точку А<sub>1</sub> при узгодженому падінні рудоспуску, в точку А<sub>2</sub> при вертикальному розташуванні рудоспуску і в точку А<sub>3</sub> при неузгодженому падінні; з точки В при розташуванні рудоспуску в породах висячого боку, в точку В<sub>1</sub> при узгодженому падінні рудоспуску, в точку В<sub>2</sub> при вертикальному розташуванні рудоспуску і в точку В<sub>3</sub> при неузгодженому падінні.

В процесі формування устя рудоспуску на новому горизонті у зв'язку з поглибленням гірничих робіт спостерігається закон співвідношення швидкостей погашення рудоспуску і посування робочих уступів, який можна сформулювати так:

*швидкість погашення рудоспуску прямо пропорційна горизонтальній швидкості посування робочих уступів  $v$  і зворотно пропорційна різниці котангенсів кутів укосу робочого борту та кута нахилу рудоспуску при його неузгодженому заляганні сумі цих котангенсів при узгодженому заляганні, тобто*

$$h_n = \frac{V}{\text{ctg}\varphi \pm \text{ctg}\alpha} \text{ (м/рік)}, \tag{1}$$

де  $V$  – швидкість горизонтального посування робочих уступів, м/рік;  $\varphi$  – кут нахилу робочого борту, град.;  $\alpha$  – кут нахилу рудоспуску, град.

Згідно з законом співвідношення швидкостей пониження робіт і посування робочих уступів [9]:

$$V = h_i (\text{ctg}\varphi \pm \text{ctg}\beta) \text{ (м/рік)}, \tag{2}$$

формула (1) може бути подана у вигляді

$$h_n = \frac{h_i (\text{ctg}\varphi \pm \text{ctg}\beta)}{\text{ctg}\varphi \pm \text{ctg}\alpha} \text{ (м/рік)}, \tag{3}$$

де  $h_i$  – вертикальна швидкість пониження гірничих робіт, м/рік;  $\beta$  – кут напрямку заглиблення, град.

У чисельнику знак “плюс” ставиться при напрямку посування уступів з боку лежачого, а “мінус” – з боку висячого.

При вертикальному розташуванні рудоспуску його вертикальна швидкість погашення буде дорівнювати:

$$h_n^e = \frac{V}{\text{ctg}\varphi} \text{ (м/рік)}, \tag{4}$$

Аналіз формули (3) показує, що при постійному напрямку заглиблення дна кар'єру регулювати швидкість погашення рудоспуску можливо шляхом зміни кута нахилу робочого борту, який впливає на швидкості поглиблення дна кар'єру і горизонтального посування уступів, або шляхом вибору кута і напрямку падіння рудоспуску (рис. 2).

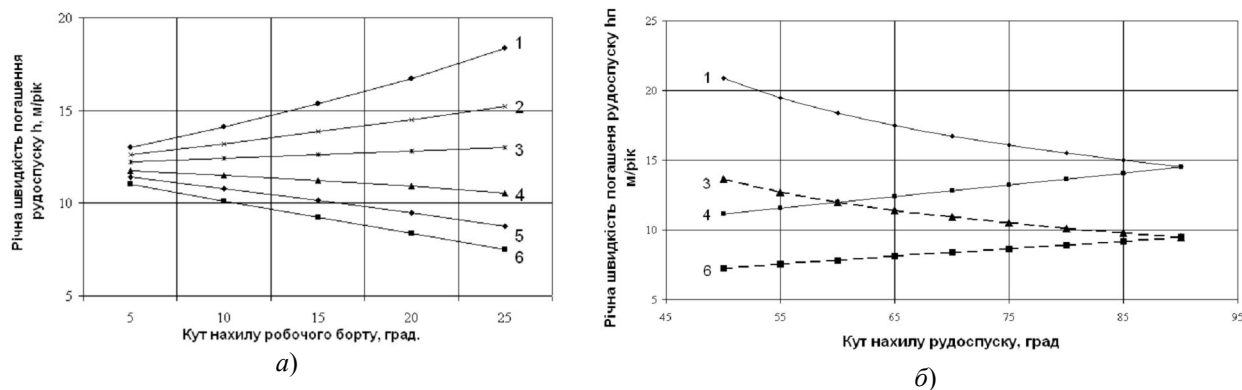


Рис. 2. Залежність швидкості погашення рудоспуску від кута нахилу робочого борту (а); вплив кута нахилу рудоспуску на швидкість його погашення (б) (кут нахилу робочого борту 20 град.):

- 1 – рудоспуск неузгодженого падіння у породах висячого боку; 2 – вертикальний рудоспуск у породах висячого боку; 3 – рудоспуск узгодженого падіння у породах висячого боку;
- 4 – рудоспуск неузгодженого падіння у породах лежачого боку; 5 – вертикальний рудоспуск у породах лежачого боку; 6 – рудоспуск узгодженого падіння у породах лежачого боку

Отже, при зміні кута нахилу робочого борту з 5° до 25° швидкість погашення буде змінюватись у таких межах:  $h_n^e = 12,6\text{--}15,2$  м/рік – при вертикальному заляганні рудоспуску у породах висячого боку і  $h_n^e = 11,4\text{--}8,8$  – у породах лежачого боку. Для похилих рудоспусків, наприклад, при куті падіння рудного тіла 70°  $h_n^e = 12,2\text{--}13,0$  м/рік при узгодженому падінні рудоспуску у породах висячого боку і  $h_n^e = 11,0\text{--}7,5$  м/рік у породах лежачого боку;  $h_n^e = 13,0\text{--}18,3$  – при неузгодженому падінні рудоспуску у породах висячого боку і  $h_n^e = 11,8\text{--}10,6$  м/рік – у породах лежачого боку.

І навпаки, якщо прослідкувати динаміку погашення рудоспуску при постійному куті нахилу робочого борту, наприклад  $\varphi = 20^\circ$ , змінюючи кут падіння рудоспуску  $\alpha = 50^\circ\text{--}90^\circ$ , ми отримуємо:  $h_n^e = 14,5$  м/рік – при вертикальному заляганні рудоспуску у породах висячого боку і  $h_n^e = 9,5$  м/рік – у породах лежачого боку;  $h_n^e = 11,1\text{--}14,5$  – при узгодженому падінні рудоспуску у породах висячого боку і  $h_n^e = 7,3\text{--}9,5$  м/рік – у породах лежачого боку;  $h_n^e = 20,9\text{--}14,5$  – при неузгодженому падінні рудоспуску у породах висячого боку і  $h_n^e = 13,6\text{--}9,5$  м/рік – у породах лежачого боку.

Проаналізувавши отримані значення, ми бачимо, що найменша швидкість погашення рудоспуску досягається при узгодженому його заляганні. Але при такому падінні рудоспуск, незважаючи на мінімальну швидкість погашення, швидше залишає робочу зону, оскільки швидше виходить на проектний контур.

Таким чином, при виборі місця закладення, напрямку падіння і кута нахилу рудоспуску необхідно враховувати не тільки гірничо-геологічні умови, а й чітко визначити призначення рудоспуску протягом всього терміну його існування та передбачити можливі зміни напрямку руху кар'єрного транспорту, який обслуговує рудоспуск (порodosпуск).

В сучасній практиці відкритої розробки рідко зустрічається класичний варіант, коли весь борт складений робочими площадками однакової або близької ширини, як це передбачено в класичній теорії проектування.

Розглянемо дві схеми поетапного відпрацьовування глибоких кар'єрів крутими виймальними шарами з використанням вертикальних і похилих рудоспусків. В першому випадку [7], один крутонахилений шар на різних етапах відпрацьовується декількома рудоспусками, що негативно впливає на режим робо-

ти рудоспуску, оскільки рудоспуск, устя якого вийшло за межі шару, що відпрацьовується, необхідно законсервувати та одночасно підготувати до роботи наступний рудоспуск. Велика кількість рудоспусків ускладнює гірничі роботи та призводить до збільшення капітальних витрат, пов'язаних зі значним обсягом прохідничих робіт.

За другим варіантом, при використанні похилих рудоспусків неузгодженого падіння (при куті нахилу рудоспуску, максимально наближеному до кута нахилу крутонахилого шару) можливо уникнути проблем, що викладені вище, оскільки рудоспуск обслуговує крутонахилений шар до повного його відпрацювання, або до повного погашення рудоспуску, а в період відпрацювання першого крутонахилого шару ведеться будівництво наступного рудоспуску в наступному крутонахилому шарі.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** В даній статті запропонована класифікація рудоспусків, що враховує основні особливості конструкції рудоспусків та технологічних схем з їх використанням; введені нові поняття, пов'язані з напрямком падіння рудоспуску, а саме, узгоджене і неузгоджене їх залягання. Досліджена динаміка розвитку гірничих робіт при розташуванні рудоспусків в робочій зоні кар'єру і встановлено, що швидкість погашення рудоспуску і посування робочих уступів знаходяться в законномірному співвідношенні. Запропонована схема розкриття глибоких горизонтів кар'єрів, що використовують схему поетапного відпрацювання крутими виймальними шарами за допомогою похилих рудоспусків.

Беручи до уваги великий обсяг порожнин, що утворились внаслідок підземних гірничих робіт, які розташовані в межах гірничих відводів ряду діючих залізородних кар'єрів, перспективними є розробка та обґрунтування технологічних схем з використанням породоспусків для заповнення цих порожнин породами скельного розкриття, що дозволить суттєво підвищити безпеку подальшого розвитку гірничих робіт, знизити собівартість розкривних робіт та скоротити потребу в розміщенні скельного розкриття у зовнішніх відвалах.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Ржевский В.В., Арсентьев А.И., Пермяков Р.С., Кулешов А.А., Оводенко Б.К., Анистратов Ю.И.* Карьерные рудоспуски. – М.: Недра, 1969.
2. *Боголюбов Б.П., Астафьев Ю.П.* Погашение рудоспусков на карьерах / Горный журнал. – 1959. – № 12. – С. 47–50.
3. *Васильев М.В., Серебренников К.Н.* Карьерные рудоспуски и их эксплуатация. – М.: Министерство цветной металлургии СССР, 1966.
4. *Зотов А.П.* Разработка полезных ископаемых открытым способом. – 1932.
5. *Щелканов В.А.* Подземные выработки на карьерах. – М.: Недра, 1982.
6. *Четверик Н.С.* Вскрытие горизонтов глубоких карьеров при комбинированном транспорте. – М.: Научная думка, 1986.
7. *Дриженко А.Ю., Симоненко В.Н., Николаенко С.Н., Чернокур И.Г.* Обоснование параметров системы вскрытия глубоких карьеров при поэтапной отработке крутыми выемочными слоями. – Кривой Рог: Техника, 1993. – Вып. 54. – С. 31–43.
8. *Бизов В.Ф., Дриженко А.Ю.* Відкриті гірничі роботи. – Кривий Ріг: Мінерал, 2004.
9. *Арсентьев А. И.* Законы формирования рабочей зоны карьера. – Ленинград, 1986.

СЛОБОДЯНЮК Валерій Костянтинович – кандидат технічних наук, доцент кафедри відкритих гірничих робіт Криворізького технічного університету.

Наукові інтереси:

- методи та теорія проектування відкритої розробки крутонахилених родовищ корисних копалин;
- технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин.

ПИСЬМЕННИЙ Олександр Володимирович – магістр.

Наукові інтереси:

- інтенсифікація розкривних робіт;
- імітаційне моделювання технологічних схем процесів відкритої розробки родовищ корисних копалин.

ДАНІЛОВ Максим Миколайович – магістр.

Наукові інтереси:

- технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин.

САПРИКІН Володимир Сергійович – магістр.

Наукові інтереси:

– технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин.

Подано 18.01.2006



**Слободянюк В.К., Данілов М.М., Письменний О.В., Саприкін В.С.** Дослідження умов та особливостей використання рудоспусків для розкриття глибоких горизонтів залізорудних кар'єрів  
**Слободянюк В.К., Данилов М.Н., Письменный А.В., Сапрыкин В.С.** Исследование условий и особенностей использования рудоспусков для раскрытия глубоких горизонтов железорудных карьеров  
**Slobodyanyuk V.K., Danylov M.M., Pismenniy O.V., Saprykin N.S.** Research of terms and features of the use of ore lowering for opening of deep horizons of iron ore quarries

УДК 622.646

**Дослідження умов та особливостей використання рудоспусків для розкриття глибоких горизонтів залізорудних кар'єрів / В.К. Слободянюк, М.М. Данілов, О.В. Письменний, В.С. Саприкін**

Запропонована класифікація технологічних схем рудоспусків з урахуванням їхніх конструктивних особливостей та умов експлуатації. Досліджений взаємозв'язок динаміки розвитку гірничих робіт та погашення рудоспусків при розташуванні останніх в робочій зоні кар'єру.

УДК 622.646

**Исследование условий и особенностей использования рудоспусков для раскрытия глубоких горизонтов железорудных карьеров / В.К. Слободянюк, М.Н. Данилов, А.В. Письменный, В.С. Сапрыкин**

Предложена классификация технологических схем рудоспусков с учетом их конструктивных особенностей и условий эксплуатации. Исследована взаимосвязь динамики развития горных работ и погашения рудоспусков при расположении последних в рабочей зоне карьера.

УДК 622.646

**Research of terms and features of the use of ore lowering for opening of deep horizons of iron ore quarries / V.K. Slobodyanyuk, M.M. Danylov, O.V. Pismenniy, N.S. Saprykin**

Classification of technological charts of ore taking into account their structural features and external environments is offered in the article. Intercommunication of dynamics of development of mine works and redemption of ore lowering at the location of the last in the working area of quarry is explored.