

УДК 622.271.3

<https://doi.org/10.33271/crpnmu/57.045>© В.І. Симоненко<sup>1</sup>, С.С. Савенков<sup>1</sup><sup>1</sup> Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

## ОРГАНІЗАЦІЯ ДОБУВНИХ РОБІТ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ БОРТУ НЕРУДНОГО КАР'ЄРА КРУТИМИ ШАРАМИ

© V. Symonenko<sup>1</sup>, S. Savenkov<sup>1</sup><sup>1</sup> Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

## THE ORGANIZATION OF MINING WORKS IN THE DEVELOPMENT OF NON-METALLIC QUARRY ABRUPT LAYERS

**Мета:** обґрунтування раціональної організації виконання добувних робіт в крутих виймальних шарах нерудних кар'єрів при поетапній розробці родовищ.

**Методика досліджень** полягає в визначенні доцільної схеми організації добувних робіт в тимчасово неробочих ділянках робочого борту шляхом застосування графо-аналітичного методу на основі розгляду варіантів ефективної технології відпрацювання корисної копалини в крутих шарах.

**Результати дослідження.** Видобуток корисної копалини в крутих шарах необхідно вести на незалежних робочих площадках, які обслуговуються екскаваторно-автомобільними комплексами обладнання та формуються в межах кожної ділянки тимчасово неробочого борту. Після відпрацювання кожної ділянки екскаватор повертається холостим ходом на верхні горизонти і починає відпрацювання наступного крутого виймального шару. Родовища розробляються етапами. Етап включає розробку одного - трьох шарів.

**Наукова новизна.** Встановлена нова графічна залежність зміни довжини холостих переходів видобувних екскаваторів при відпрацюванні крутого шару двома-трьома робочими площадками від продуктивності нерудних кар'єрів (120-1760 тис. м<sup>3</sup>/рік). Оцінку ефективності схеми організації відпрацювання крутих виймальних шарів на кар'єрах пропонується здійснювати по величині сумарної відстані холостих переходів  $L_{\text{ХП}}$  екскаваторів для здійснення повного відпрацювання корисної копалини в одному крутому шарі.

**Практичне значення.** Результати досліджень дозволяють рекомендувати раціональну (ресурсозберігаючу) схему відпрацювання добувних уступів на робочому борті нерудних кар'єрів, на якому можуть функціонувати 1-3 ділянки тимчасово неробочого борту. У постійній роботі перебувають дві робочі площадки, а третя спочатку резервна, а потім стає робочою. Тобто, кожна із трьох робочих площадок періодично переходить у статус резервної. Технологічна схема застосовується з екскаваторно-автомобільними комплексами і доставкою добутої корисної копалини до переробних установок, які розміщують усередині виробленого простору кар'єру на неробочих площадках або на поверхні.

**Ключові слова:** ділянки тимчасово неробочого борту (ДТНБ), добування нерудної корисної копалини, поетапне відпрацювання кар'єрного поля, холості переходи виймально-навантажувального обладнання (екскаваторів).

**Вступ.** Родовища твердих нерудних корисних копалин розташовані на значній території України. Ці корисні копалини є незамінною сировиною для металургії (флюсової

вапняки, доломіти), хімічної (вапняки, крейда), будівельної (грано-діорити, мігматити, амфіболіти, гнейси, мергель, базальти та інш.) галузей, цукрового виробництва і сільського господарства (вапнякування ґрунтів, кормові добавки). Тому дослідження, які пов'язані з підвищенням ефективності відкритої розробки нерудних родовищ є своєчасними і актуальними.

**Актуальність дослідження.** Ефективність технологій розробки родовищ пов'язана з вишукуванням ресурсозберігаючих екологоощадних способів видобутку нерудної мінеральної сировини. Технологія поетапної розробки з відпрацюванням корисних копалин крутими виймальними шарами якраз і забезпечує досягнення зазначеного вище. В цьому напрямку недостатньо вивчена організація добувних робіт, чому присвячена дана робота.

**Основна частина** Нерудні родовища розробляються декількома етапами. На першому етапі гірничі роботи здійснюються з метою інтенсивного поглиблення кар'єрного поля на обмеженій площі. Для цього вибирається ділянка кар'єрного поля в одному з торців з найменшою потужністю покривних порід (рис. 1). Розкриття горизонтів в межах товщі покриваючих порожніх порід і одного-двох уступів по корисній копалині здійснюється загальною зовнішньою траншеєю. Уступи розробляються з розміщенням комплексу устаткування на робочих площадках нормативної ширини. Розрізна траншея проходиться уздовж контуру кар'єрного поля по його ширині. Фронт гірничих робіт на уступах посувається в подовжньому напрямі. У початковий період відбудовується кар'єр першої черги (КПО) з виробленим простором до подошви 3 поклада корисної копалини 2 або до граничного контуру відробки по глибині. З КПО покривні породи вивозяться в тимчасовий приконтурний відвал 5. Вони відсипаються у межах контурів 1 кар'єрного поля перед фронтом гірничих робіт на вільній (не зайнятій гірничими роботами) площі земної поверхні. Заздалегідь родючі породи знімаються, транспортуються за контур 1 і складуються уздовж нього в окремих відвалах. Приконтурні відвали 5 можуть займати всю площу кар'єрного поля, що залишилася. Скельні і м'які покривні породи, а також інші відходи і попутні корисні копалини (ПКК) складуються в приконтурних відвалах і техногенних родовищах окремо, як сировина, придатна для попутного використання в майбутньому. Середня інтенсивність пониження гірничих робіт в КПО може досягати 10–15 м/рік і більше. На момент закінчення будівництва КПО його робочий борт формується під максимальним стійким кутом укусу. Він формується знизу до поверхні з декількох ділянок тимчасово неробочого борту 4 (ДТНБ). Кожен ДТНБ складається з декількох уступів і залишених між ними запобіжних і транспортних майданчиків. Під укосом кожного ДТНБ можна формувати тимчасові прибортові відвали 6, які поступово переміщуються у вироблений простір під протилежний сформований неробочий борт. Тут відсипляється постійний внутрішній відвал і формуються техногенні родовища (ТР) ПКК 7.

З досягненням КПО подошви поклада 3 (див. рис. 1, в), закінчується перший етап. Далі гірничі роботи ведуться подальшими етапами лише з посуванням фронту в горизонтальному напрямі. Розкривні роботи виконують у верхній групі уступів В, якими розробляється приконтурний відвал 5. Спільно з ними нижньою групою уступів Н відпрацьовується вся покриваюча товща порід розкриву (див.

рис. 1, г). Видобувні роботи ведуться незалежно від розкривних на горизонтах верхньої групи I і нижньої групи II уступів. З їх повним відпрацюванням завершується другий етап розробки кар'єрного поля.

За ним відробляють третій і інші етапи до досягнення протилежного торця кар'єрного поля. Граничними контурами 8 в кар'єрному полі виділяються круті виймальні шари. Починаючи з другого етапу в кожному з них може відпрацьовуватися одна, дві і три ДТНБ. Такі ділянки знаходяться у межах одного, двох або трьох крутих виймальних шарів. Тобто за етап у відробітку може бути один-три шари. [2]

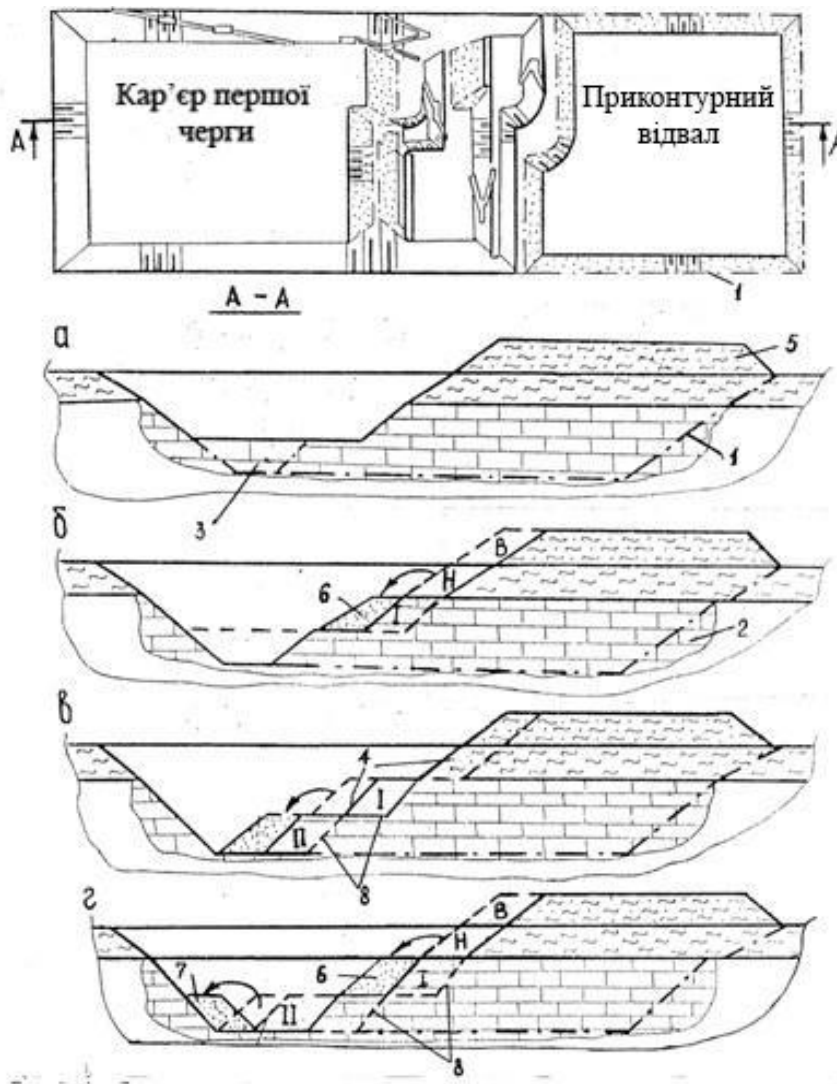


Рис. 1. Схема відпрацювання нерудного родовища крутими виймальними шарами: 1 – контури кар'єрного поля; 2 – корисна копалина; 3 – підшва кар'єру першої черги; 4 – ділянка тимчасово неробочого борту; 5 – приконтурний відвал; 6 – прибортовий відвал; 7 – постійний внутрішній відвал; 8 – межі крутих шарів по товщі корисної копалини; У, Н – верхня і нижня групи уступів по породах розкриву; I, II – те ж по корисній копалині; а, б, в, г – черговість відробки крутих шарів

Три борти кар'єра першої черги формують під кутами погашення, або близькими до нього з урахуванням будівництва на боковому борту мережі транспортних комунікацій. Робочий борт формують під максимальним стійким кутом укосу (до  $50^\circ$ ), з розташуванням на ньому в робочій зоні добувних робіт 2-3 екскаваторних блоків. Таким чином, на цьому борту повинно бути сформовано 2-3 робочі площадки. Після формування кар'єру першої черги, гірничі роботи ведуться наступними етапами за посуванням робочого борту в горизонтальному напрямку. Така технологія забезпечує можливість формування вже на початкових етапах внутрішнього відвалу у виробленому просторі кар'єру першої черги. А по мірі посування робочого борту у відробку також включають приконтурний відвал. Тобто, сумісно з відпрацюванням товщі покривних розкривних порід розробляють також розкрив приконтурного відвалу (див. рис. 1). Відпрацювання корисної копалини на борту здійснюють в крутих виймальних шарах. Кожен крутий шар в межах ДТНБ відпрацьовують поуступно, від верхнього добувного уступу до нижнього на ширину крутого шару 36-45 м [3].

По висоті ДТНБ розділені один від одного робочою площадкою. Інші уступи на ДТНБ мають лише запобіжні берми (рис. 2).

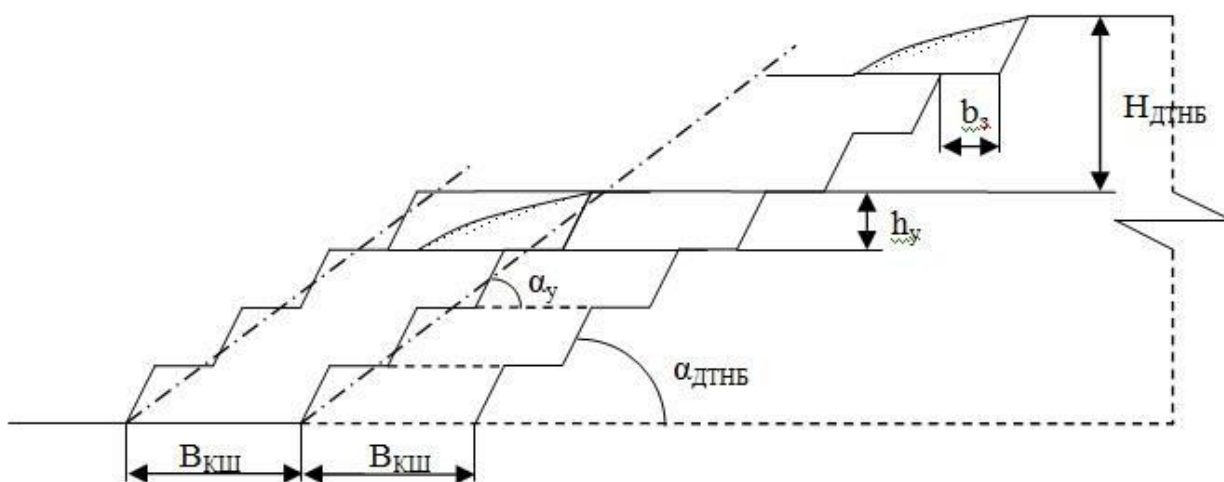


Рис.2. Схема відпрацювання борту крутими виймальними шарами

Тобто, максимальна ширина робочої площадки на крутому шарі відповідає ширині цього шару ( $B_{кш}$ ). Для надійного забезпечення планової продуктивності кар'єра по корисній копалині необхідно мати не менш двох незалежних вибоїв (один робочий, другий резервний). Відпрацювання даних вибоїв здійснюється почергово. Отже, кількість вибоїв в екскаваторних блоках може становити 2-3 з урахуванням резервного. Тому важливо розглянути організацію відпрацювання покладу корисної копалини на нерудних кар'єрах.

Екскаваторні блоки будуть формуватися на 1-3 крутих шарах. Якщо в кар'єрі на добувних роботах формують один крутий шар, то екскаваторні блоки розміщують почергово на двох-трьох суміжних робочих уступах (рис.3 а, б). Їх довжина коливається від 140 м до 500 м.

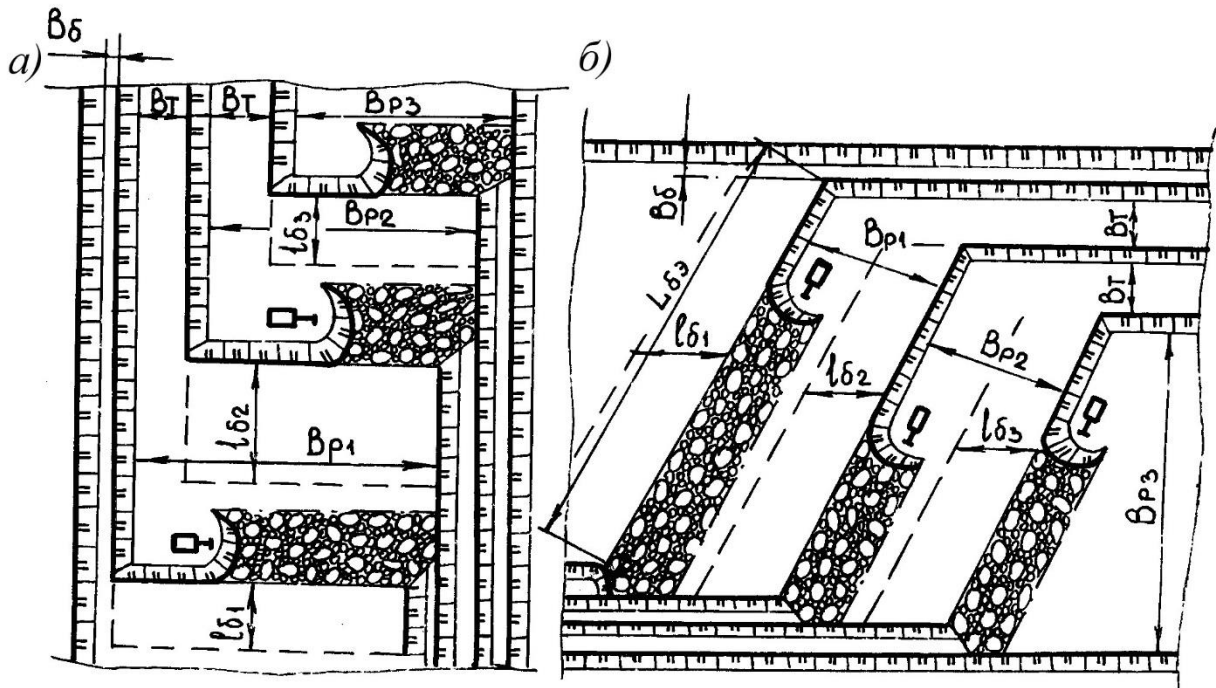


Рис. 3. Схема відпрацювання крутого шару трьома вибоями (екскаваторними блоками) робочими площадками на суміжних уступах, з відпрацюванням порід на уступах поперечними (а) та діагональними (б) західками

Коли на робочому борті формують два крутих шари (див. рис. 2), то добувні роботи ведуться на уступах обох шарів. Кожен ДТНБ відпрацьовують одним крутим шаром, а на потужних нерудних кар'єрах, продуктивністю по корисній копалині понад 1.3-1.7 млн м<sup>3</sup>, добувні роботи можуть вести в трьох крутих шарах. При цьому в залежності від потужності екскаваторів їх кількість в роботі може бути до трьох. Усі вибої розміщують на одній ділянці ДТНБ, на двох суміжних ДТНБ або ж в кожній з них.

На нерудних кар'єрах з продуктивністю до 750-780 тис. м<sup>3</sup>/рік необхідно забезпечити відпрацювання корисної копалини в двох вибоях. Тут розробка буде вестись однією-двома ДТНБ, в кожному крутому шарові функціонує незалежна робоча площадка. Або ж вибої екскаваторів функціонують лише в одній ДТНБ на суміжних уступах. А на нерудних кар'єрах з продуктивністю 0.780 – 1.3 млн. м<sup>3</sup> на рік в роботі знаходяться три вибої. Товща покладу корисної копалини розділена на два ДТНБ, кожен з яких відпрацьовують одним крутим шаром. Усі три екскаватори можна розміщувати в одному шарові на суміжних уступах (робочих площадках), або ж два на уступах однієї ДТНБ, а третій – на горизонтах другої ДТНБ.

Нижче на Рис. 4. зображена схематично послідовність відпрацювання уступів в крутих виймальних шарах добувної зони двома екскаваторними вибоями (блоками) (рис. 4, в, г) та трьома вибоями (рис. 4, а, б, в, г, е, ж) при відробці одного (див. рис. 4, а, б, в), двох (див. рис. 4, г, д, е) та трьох (див. рис. 4, ж, з) крутих шарів. При відпрацювання однієї ДТНБ одним крутим шаром, екскаваторні вибої розміщують на суміжних уступах. По мірі відпрацювання кожного

уступу вибоями, екскаватори повинні холостим ходом переміщуватись по маршрутах, як представлено на рис.4 (а, б, в): з другого уступу на площадку нижнього четвертого, з третього – на другий наступної ДТНБ, а з четвертого на третій уступ наступної ДТНБ, що буде нарізатися при посуванні фронту гірничих робіт на борту.

При відпрацюванні покладу двома крутими шарами по глибині (див. рис. 4, г, д, е) при незалежних робочих площадках на кожній з ділянок екскаватори переміщуються послідовно з першого на другий, третій і т.д. уступ, або ж по чергово з верхньої ДТНБ на відповідний аналогічний уступ нижньої ДТНБ чи по змішаній схемі (рис. 4, е). Аналогічно на кар'єрах, які за глибиною відпрацьовують трьома крутими шарами (три ДТНБ) (див. рис. 4, ж, з).

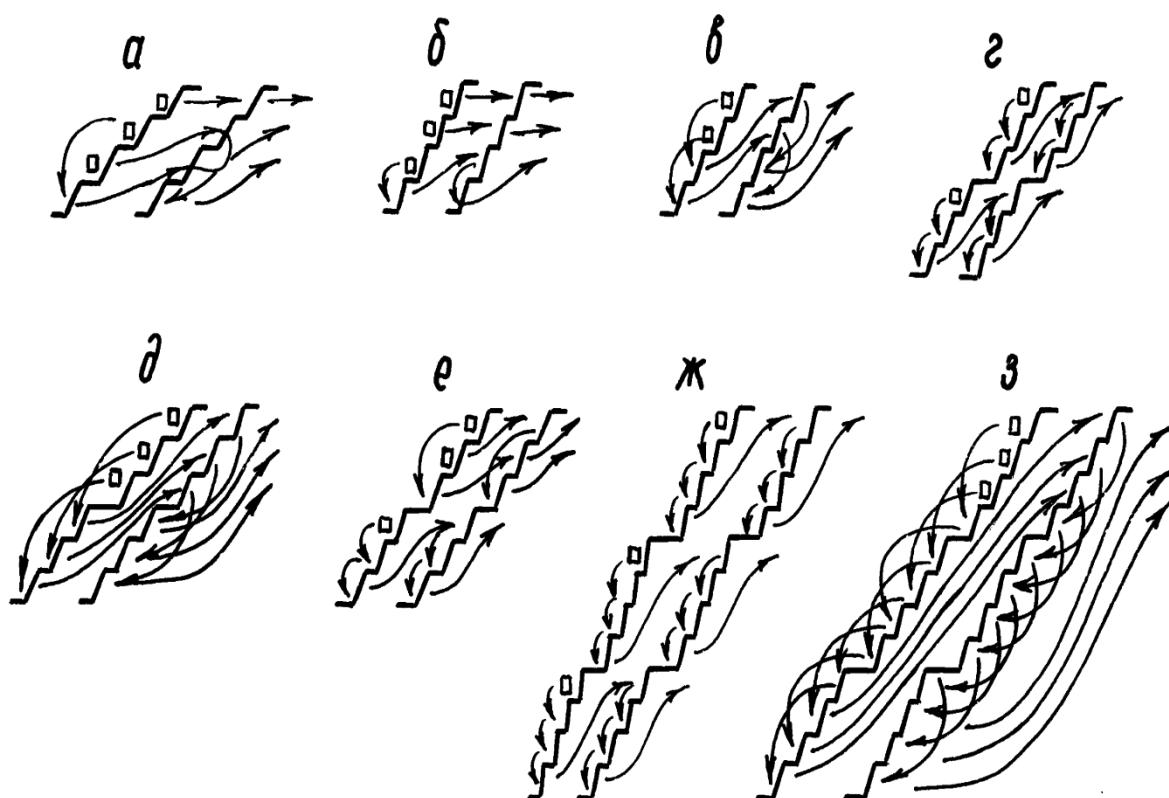


Рис. 4. Послідовність відробки уступів у крутих виймальних шарах на добувних роботах трьома (а, б, д, е, ж, з) та двома (в, г) екскаваторами

Тут необхідно в роботі мати три вибої. Вони можуть розміщуватися на кожній ДТНБ (незалежні робочі площадки). В кожній ділянці уступи розробляють від верхнього до нижнього (див. рис. 4, ж). Також можлива схема відпрацювання ділянок послідовно – спочатку верхньої, далі другої і третьої (див. рис. 4, е). При цьому в постійній роботі знаходяться дві робочі площадки, а третя спочатку резервна, а потім становиться робочою. Тобто, кожна з трьох робочих площадок періодично переходить в статус резервної.

Оцінку ефективності цієї чи іншої схеми організації відпрацювання крутих виймальних шарів на кар'єрах пропонується виконати по величині сумарної від-

стані холостих переходів  $L_{хп}$  екскаваторів для здійснення повного відпрацювання корисної копалини в одному крутому шарові шириною  $B_{кш}$  на всіх ДТНБ. Зазначену відстань  $L_{хп}$  було визначено для варіантів з видобутком сировини на суміжних робочих площадках крутого шару, а також при вийманні порід в незалежних робочих площадках в кожному з крутих шарів ДТНБ. При цьому, результати отримані для умов відпрацювання покладу сировини двома-трьома крутими шарами (ДТНБ). Береться до уваги, що кар'єри глибиною до 70 м і потужністю до 280-300 тис. м<sup>3</sup>/рік будуть відпрацьовуватися однією ДТНБ (одним крутим шаром), в роботі один робочий вибій і один резервний, які розташовані на суміжних по висоті уступах.

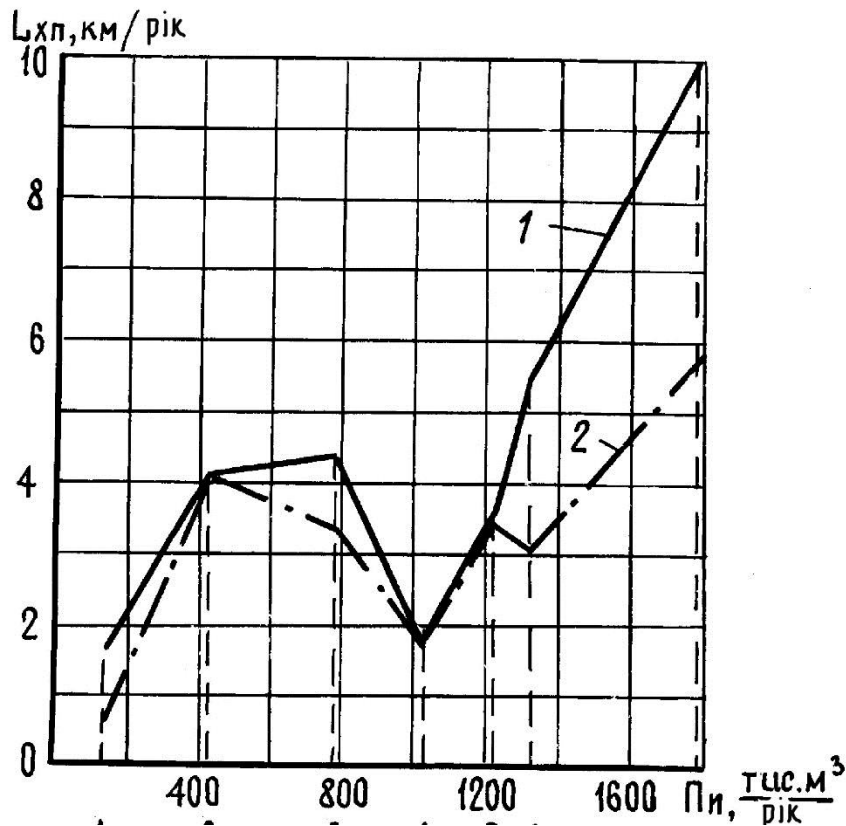


Рис.5. Графіки зміни довжини холостих переходів видобувних екскаваторів  $L_{хп}$  на нерудних кар'єрах з продуктивністю по корисній копалині  $P_{и}$ :

- 1 – видобуток ведеться в одному крутому шарові на 2-3 суміжних робочих площадках; 2 – видобуток ведеться на 2-3 незалежних робочих площадках, сформованих в кожній ДТНБ

**Висновок.** Результати дослідження (рис. 5, 6) свідчать про переваги видобутку корисної копалини в крутих шарах на незалежних робочих площадках, які формують в межах кожної ДТНБ. В досліджуваних умовах це варіанти відповідно до рис. 4, г, е, ж. При цьому, зазначені результати справедливі для технологічної схеми з екскаваторно-автомобільними комплексами обладнання та доставкою добутої корисної копалини до переробного устаткування, яке розташоване

на поверхні або в кар'єрі на неробочій площадці верхніх добувних уступів та подальшому перевезенні сировини (готової продукції) з кар'єру конвеєрним підйомачем.

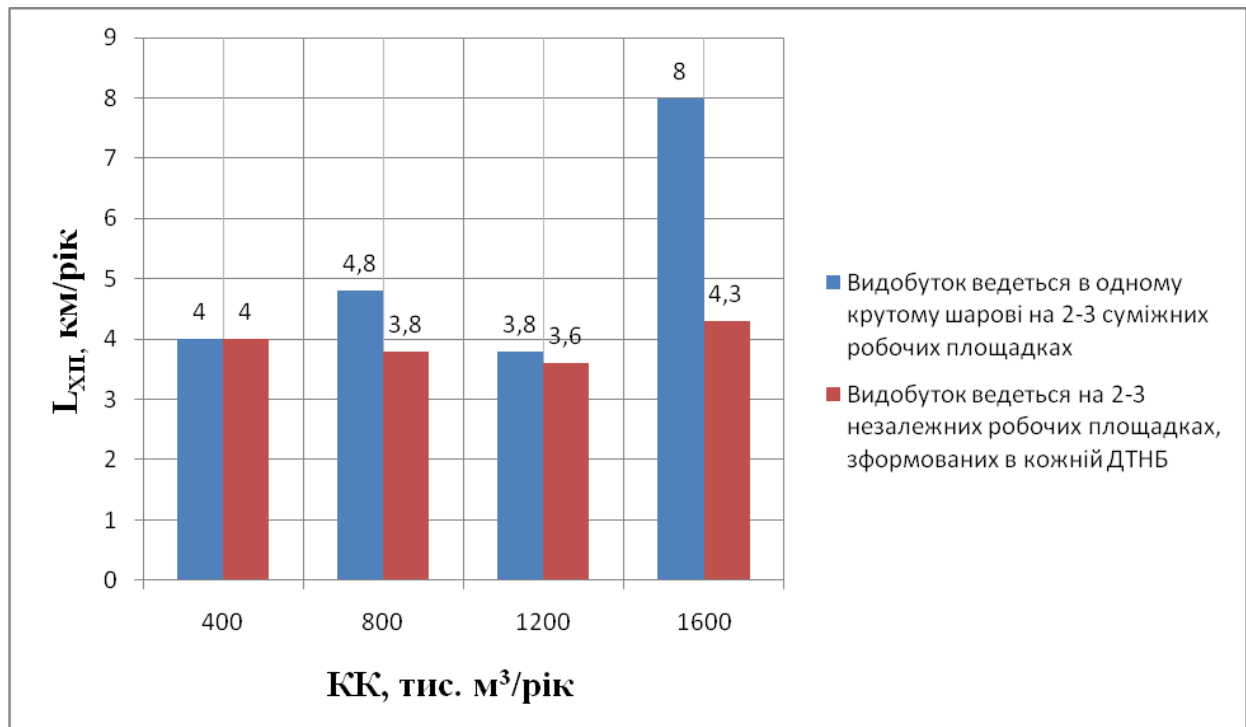


Рис. 6. Гістограма холостих переходів екскаватора ( $L_{xp}$ ) при відпрацюванні крутого шару на нерудних кар'єрах продуктивністю (КК) 120 – 1760 тис. м³/рік

З урахуванням отриманих результатів доцільно відпрацювання добувних уступів здійснювати виймально-навантажувальним обладнанням, що розміщено на незалежних робочих площадках в кожній ДТНБ. Така організація добувних робіт рекомендується для впровадження на діючих і уведених у роботу нерудних кар'єрах.

#### Перелік посилань:

1. Симоненко, В.І. (2011). *Розробити технологічні основи еколого- й енергозберігаючого виробництва при видобутку твердої нерудної сировини в межах санітарно-захисних зон*. Звіт про НДР (заключний). Керівник В.І. Симоненко. №ДР011U000532. Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «НГУ», 315.
2. Симоненко, В.І. (2006). Про напрямки удосконалення технології розробки корисних копалин на гранітних та кам'яних кар'єрах. *Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2006»*. Дніпропетровськ: НГУ, 178-150.
3. Симоненко, В.І. (1998). Параметри системи розробки нерудних кар'єрів при виемке пород крутими слоями. *Разраб. рудн. местор.: Респ. межвед. научн. – техн. сб.* Кривой Рог, (62), 33-37.

#### АННОТАЦІЯ

**Цель.** Обоснование рациональной организации выполнения добычных работ в крутых выемочных слоях нерудных карьеров при поэтапной разработке месторождений.



**Методика исследования** состоит в определении наилучшей схемы организации добычных работ на временно нерабочих участках борта путем использования графо-аналитического метода на основе рассмотрения вариантов эффективной технологии отработки полезного ископаемого в крутых слоях.

**Результаты исследования.** Добычу полезного ископаемого в крутых слоях необходимо вести на независимых рабочих площадках, которые обслуживаются экскаваторно-автомобильным комплексом оборудования и формируются в границах каждого участка временно нерабочего борта. После отработки каждого участка экскаватор возвращается холостым ходом на верхние горизонты и начинаем отработку следующего крутого выемочного слоя. Месторождения разрабатывается этапами. Этап включает разработку одного - трех слоев.

**Научная новизна.** Установлены новые графические зависимости изменения длины холостых переходов добычных экскаваторов при отработке крутого слоя двумя-тремя рабочими площадками от производительности нерудных карьеров (120-1760 тыс. м<sup>3</sup>/год). Оценку эффективности схемы организации отработки крутых выемочных слоев на карьерах предлагается осуществлять по величине суммарного расстояния холостых переходов  $L_{\text{ХП}}$  экскаваторов для осуществления полной отработки полезного ископаемого в одном крутом слое.

**Практическое значение.** Результаты исследований позволяют рекомендовать рациональную (ресурсосберегающую) схему отработки добычных уступов на рабочем борту нерудных карьеров, на которых могут функционировать 1-3 участка временно нерабочего борта. В постоянной работе находятся две рабочие площадки, а третья сначала резервная, а потом становится рабочей. То есть, каждая из трех рабочих площадок периодически переходит в статус резервной. Технологическая схема применима с экскаваторно-автомобильными комплексами и доставкой добытого полезного ископаемого к перерабатывающим установкам, которые размещают внутри выработанного пространства карьера на нерабочих площадках или на поверхности.

**Ключевые слова:** *участок временно нерабочего борта (УВНБ), добыча нерудного полезного ископаемого, поэтапная отработка карьерного поля, холостые переходы выемочно-погрузочного оборудования (экскаваторов).*

#### **ABSTRACT**

**Purpose.** To substantiate the rational organization of mining operations in steep excavation layers of non-metallic quarries in the gradual development of deposits.

**The methodology** is to determine the best scheme of the organization of mining operations on the temporarily non-working sections of the board by using the graph-analytical method based on the consideration of technology options for effective mining of the mineral in the steep layers.

**Findings.** Extraction of minerals in steep layers must be carried out on independent work sites, which are serviced by excavator-automotive equipment complex and are formed within the boundaries of each section of the temporarily non-working board. After working out each section, the excavator returns to idle at the upper horizons and begin to work out the next steep excavation layer. Deposits are developed in stages. The stage includes the development of one to three layers.

**The originality.** Installed new graphics based on changing the length of idle transitions of mining excavators when working out cool layer two or three working sites from the performance of non-metallic quarries (120-1760 thousand m<sup>3</sup>/year). Evaluation of the efficiency of the organization of working out steep excavation layers in open pits is proposed to be carried out by the total distance of

idle transitions of L<sub>XII</sub> excavators in order to carry out a complete mining of mineral resources in one steep layer.

**Practical implication.** The results of the research allow us to recommend a rational (resource-saving) scheme for mining ledges on the working Board of non-metallic quarries, on which 1-3 sections of the temporarily non-working Board can operate. In permanent operation there are two working sites, and the third is first backup, and then becomes working. That is, each of the three working sites periodically enters the status of the backup. The technological scheme is applicable with excavator-automobile complexes and the delivery of mined minerals to processing plants, which are placed inside the open pit of the quarry on non-working sites or on the surface.

**Keywords:** *site is temporarily non-working side, extraction nonmetallic minerals, phased testing career fields, idle transitions the mining and loading equipment (excavators).*